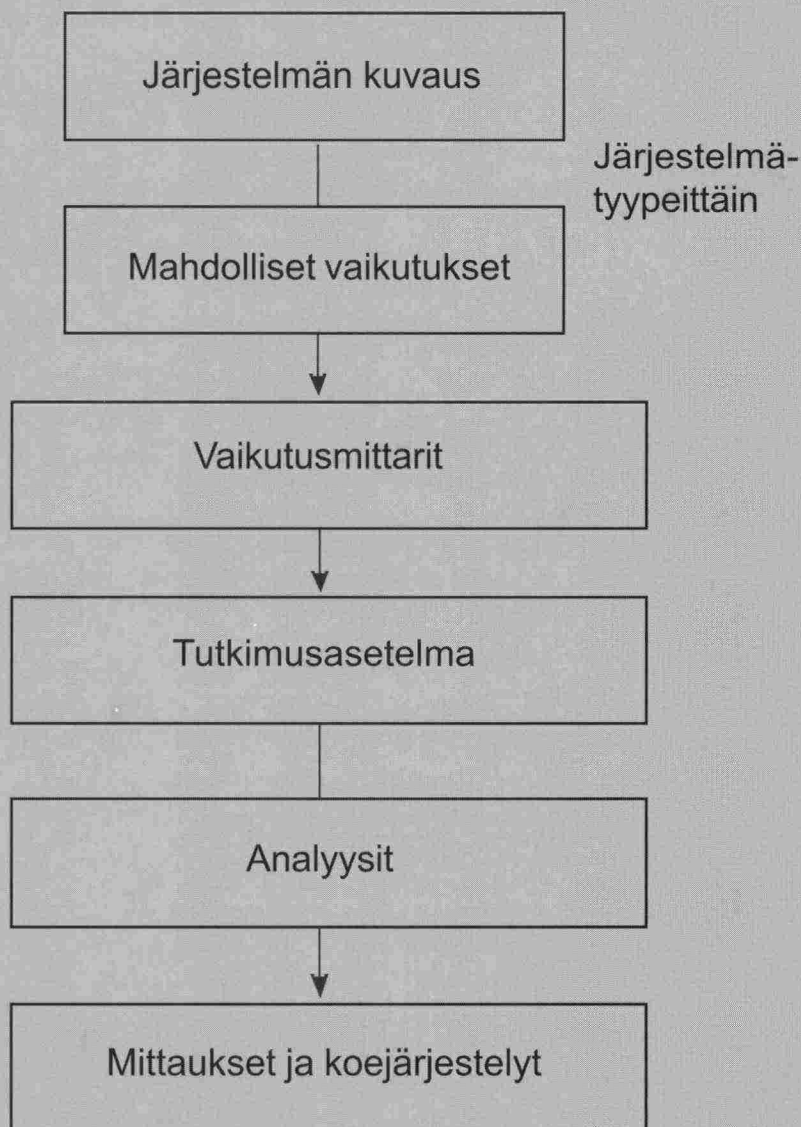


# Ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnista



Tielaitoksen  
selvityksiä

41/1998

Helsinki 1998

TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut



VIKING



Tielaitoksen selvityksiä  
41/1998

Risto Kulmala & Pirkko Rämä

## **Ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnista**

**Tielaitos**  
TIEHALLINTO

Helsinki 1998

ISBN 951-726-466-6  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200533

Edita Oy  
Helsinki 1998

Julkaisua myy:  
Tielaitos, Kirjasto  
Puh. 0204 44 2030  
Telefax 0204 44 2652



**Tielaitos**  
TIEHALLINTO  
Liikenteen palvelut  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihde 0204 44 150

**Asiasanat:** muuttuva nopeusrajoitus, liikenteen ohjaus, vaikutusten arviointi, kuljettajan käyttäytyminen

**Aiheluokka:** 20, 22

## **TIIVISTELMÄ**

Työn tavoitteena oli laatia ohjeet siitä, miten muuttuvien nopeusrajoitusten ko-keilujen vaikutuksia tulisi arvioida. Tielaitos voi hyödyntää ohjeita silloin, kun ha-lutaan selvittää järjestelmien sopivuus ja tehokkuus ennen niiden laajamittaista toteuttamista.

Ohjeistossa muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia tarkastellaan järjestelmä-tyypeittäin. Käsiteltävät järjestelmät ovat (1) sään ja kelin mukaan ohjatut nope-usrajoitukset, (2) nopeuksien harmonisointi, (3) häiriöiden hallinta, (4) liittymisen helpottaminen sekä (5) pistemäiset, esimerkiksi koulujen kohdalla käytetyt no-peusrajoitukset. Kullakin järjestelmätyypillä on toisistaan jonkin verran poikkea-vat tavoitteet ja sen vuoksi kunkin mahdollisia vaikutuksia eli vaikutushypo-teeseja tarkastellaan erikseen.

Vaikutushypoteesien jälkeen esitetään, minkälaisella mittareilla eri tyyppisiä vai-kuutuksia voidaan selvittää ja mitkä vaikutukset ovat kullekin järjestelmätyypille keskeisimmät.

Tämän jälkeen tarkastellaan, minkälaisella tutkimusasetelmalla ja aineistojen järjestämistavalla muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutukset voidaan erotella muiden tekijöiden vaikutuksista mahdollisimman luotettavasti. Vaikutusten tilas-tollista testausta tarkastellaan yleisimpien testien osalta.

Lopuksi tarkastellaan minkälaisilla mittauksilla eri vaikutusmittareita kuvaavia tietoja voidaan kerätä. Samalla esitetään kunkin järjestelmän kohdalla olennai-simmat mittaukset, jotka kannattaa tehdä järjestelmän keskeisten vaikutusten selvittämiseksi. Lopuksi käsitellään käytännön koejärjestelyjä, mittauspaikkojen valintaa ja aineiston kokovaatimuksia.



**Keywords:** variable speed limits, traffic control, impact assessment, driver behaviour

## ABSTRACT

The purpose was to produce guidelines for the impact assessment of variable speed limit demonstrations. The guidelines are meant to be used by the Finnish National Road Administration (Finnra) and its regional offices in demonstrating and implementing new variable speed limit systems to produce reliable information of the feasibility and effectiveness of the systems.

The guidelines deal with the impacts of variable speed limit systems according to the type of the system. The types of systems are (1) road weather controlled speed limits, (2) speed harmonisation, (3) incident management, (4) facilitation of merging at junctions, and (5) local systems, e.g. beside schools. Each type of system has somewhat different objectives, and hence, the impact hypotheses are dealt with type by type.

After presenting the possible impacts of the systems, the various indicators for verifying the different hypotheses are identified. The most relevant impacts for each type of system are also listed.

The next part of the guidelines deal with the study design and data collection design in order to reliably estimate the impacts of variable speed limits by eliminating the bias caused by the most important other factors. Hypothesis testing is discussed with regard to some frequently applied statistical tests.

The last part of the guidelines present the various methods, with the help of which data on the impact indicators can be collected. Priorities for the most feasible methods are given for each type of variable speed limit system in order to ensure the estimation of the most relevant impacts for each system. Finally, the guidelines discuss the practical experiments and studies, selection of measurement locations, and sample sizes required.

The study has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks - Transport.

## ALKUSANAT

Nämä ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioimiseksi tuotettiin Tielaitoksen liikenteen hallinnan tutkimusteeman hankkeena. Ohjeita on tarkoitus käyttää, kun uusia muuttuvia nopeusjärjestelmiä kokeillaan ja otetaan käyttöön. Tavoitteena on muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusarvioiden yhtenäistäminen ja parempi keskinäinen vertailtavuus.

Ohjeet on tehnyt Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Yhdyskuntatekniikan tutkimusyksikkö. Ohjeiden tekemisestä vastasivat TkT Risto Kulmala ja PsyL Pirkko Rämä.

Tielaitoksen yhteyshenkilö oli DI Mikko Karhunen, jonka lisäksi työn seurantarhyhmään kuului Tielaitoksesta DI Mirja Noukka.

Selvityksen tekemiseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks-Transport) -rahoitusta.

Helsingissä syyskuussa 1998

Tielaitos  
Keskushallinto  
Liikenteen palvelut

---

**SISÄLTÖ**


---

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>11</b>
1.1 Työn taustaa ja tavoite	11
1.2 Yleistä ohjeista	12
<b>2 JÄRJESTELMÄT JA NIIDEN MAHDOLLISET VAIKUTUKSET</b>	<b>14</b>
2.1 Sään ja kelin mukaan ohjatut nopeusrajoitukset	14
2.1.1 Järjestelmän kuvaus	14
2.1.2 Hypoteesit	15
2.2 Nopeuksien harmonisointi	17
2.2.1 Järjestelmän kuvaus	17
2.2.2 Hypoteesit	17
2.3 Häiriöiden hallinta	19
2.3.1 Järjestelmän kuvaus	19
2.3.2 Hypoteesit	20
2.4 Liittymisen helpottaminen	22
2.4.1 Järjestelmän kuvaus	22
2.4.2 Hypoteesit	22
2.5 Pistemäiset nopeusrajoitukset erityiskohteissa	23
2.5.1 Järjestelmän kuvaus	23
2.5.2 Hypoteesit	24
<b>3 VAIKUTUSMITTARIT</b>	<b>25</b>
<b>4 TUTKIMUSASETELMA JA ANALYYSIT</b>	<b>28</b>
4.1 Tutkimusasetelma	28
4.2 Tilastollisen merkitsevyyden testaus	30
4.3 Yleensä tarvittavat tilastolliset testit	33
<b>5 MITTAUKSET JA KOEJÄRJESTELYT</b>	<b>36</b>
5.1 Mittaustavat	36
5.1.1 Sään ja kelin mukaan ohjatut rajoitukset	38
5.1.2 Nopeuksien harmonisointi	39
5.1.3 Häiriöiden hallinta	39
5.1.4 Liittymisen helpottaminen	40
5.1.5 Pistemäiset kohteet	40
5.2 Koejärjestelyt	40
<b>6 TARKASTELUA</b>	<b>44</b>
<b>7 LÄHTEET</b>	<b>45</b>

---



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustaa ja tavoite

Muuttuvia nopeusrajoituksia on viime vuosina alettu käyttää enenevässä määrin Suomen teillä. Myös muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä on kehitetty ja otettu käyttöön. Yksittäisiä kohteita, joissa nopeusrajoitus on osoitettu muuttuvalla liikennemerkillä, on ollut käytössä ainakin 1980-luvulta alkaen (mm. Kulmala & Pajunen 1986). Sääohjattu moottoritie, jolla on muuttuvat nopeusrajoitukset, avattiin marraskuun 1994 alussa. Sääohjatun tien muuttuvaa nopeusrajoitusjärjestelmää on jatkettu länteen päin kaksikaistaiselle tieosalle ja lisäksi E18:lla on välillä Lohjanharju – Salo otettu käyttöön muuttuvat nopeusrajoitukset. Useassa tiepiirissä on tämän lisäksi joko jo otettu tai on suunnitelmia ottaa käyttöön muuttuvia nopeusrajoitusmerkkejä.

Tielaitoksen keskushallinto painottaa vaikutusten tutkimisen tärkeyttä, kun uusia telematiikkasovellutuksia otetaan käyttöön. Uuden teknologian vaikutuksia liikenteeseen on vaikea arvioida etukäteen. Vaikutukset voivat olla myös kielteisiä tai positiiviset vaikutukset riittämättömän pieniä, jotta hankkeet olisivat taloudellisesti kannattavia. Tielaitoksen liikenteen hallinnan strategiassa (Tielaitos 1998) on hyväksytty taloudellisen kannattavuuden vaatimus, eteneminen kokeilujen kautta sekä myös mm. kuljettajien uusien järjestelmien hyväksyntä.

Pistekohtaisten, kellonajan mukaan muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia on tutkittu Tuusulantien Korson liittymässä (Kulmala & Pajunen 1986) ja Turun tiepiirissä (Luoma 1996). Kaksikaistaisella tiellä käsin vaihdettavien nopeusrajoitusten vaikutuksia on selvitetty Keski-Suomen tiepiirissä (Tielaitos 1995b). Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista sääohjatulla moottoritieellä on valmistunut tutkimus vuonna 1997 (Rämä 1997) ja tutkimushanke vaikutuksista kaksikaistaisella maantiellä on käynnissä. Myös valtatiellä 1 olevien muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia on selvitetty vuonna 1997 (Motiva 1997). Kallansiltojen muuttuvan liikenteen ohjauksen vaikutuksia on selvitetty valtatie 5 moottoritieosuudella Kuopion lähistöllä (Tielaitos 1995a). Länsiväylällä olevan ruuhkavarointijärjestelmän, jonka olennaisena osana ovat muuttuvat nopeusrajoitukset, vaikutusarviointitutkimus on valmistumassa (Kokkinen 1998). Tehdyt työt ovat osoittaneet, että vaikutusten arvioinnissa on kontrolloitava ja otettava huomioon useita eri tekijöitä. Tässä työssä selvitetään, millä tavoin muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia pitäisi arvioida tutkijoiden tämän hetken tietämyksen mukaan.

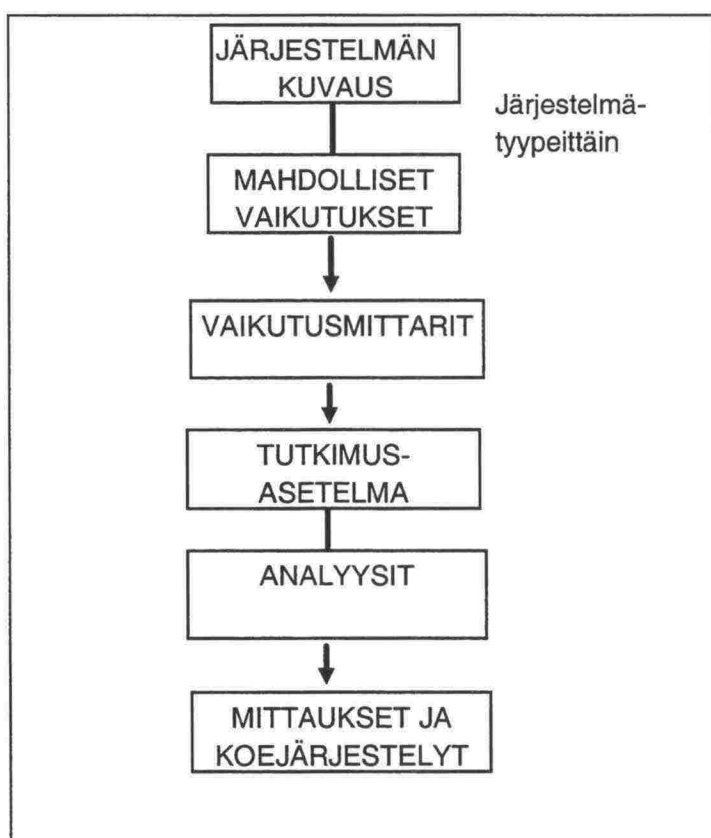
Hankkeen tavoitteena on tuottaa ohjeet siitä, miten muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia tulisi arvioida. Tielaitos voi hyödyntää ohjeita, silloin kun uudentyyppisiä järjestelmiä tai yksittäisiä kohteita suunnitellaan ja otetaan käyttöön. Ohjetta voidaan hyödyntää myös tutkimustarvetta arvioitaessa.

Liikenteen telematiikan järjestelmien vaikutusarviointiohjeita on laadittu mm. EU:n puiteohjelmien yhteydessä (Maltby *et al* 1997), mutta ne eivät tuottaneet riittävän yksityiskohtaisia ohjeita käytettäväksi sellaisenaan muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnissa. Suomessa arviointiohjeita on laadittu toistaiseksi joukkoliikenteen kehittämishankkeiden osalta (Liikenneministeriö 1998).



## 1.2 Yleistä ohjeista

Ohjeistossa muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksia tarkastellaan järjestelmätyypeittäin. Käsittävät järjestelmät ovat (1) sään ja kelin mukaan ohjatut nopeusrajoitukset, (2) nopeuksien harmonisointi, (3) häiriöiden hallinta, (4) liittymisen helpottaminen sekä (5) pistemäiset, esimerkiksi koulujen kohdalla käytetyt nopeusrajoitukset. Kullakin järjestelmätyypillä on toisistaan jonkin verran poikkeavat tavoitteet. Paitsi oletetut positiiviset, myös mahdolliset negatiiviset vaikutukset vaihtelevat järjestelmästä toiseen. Ohjeiston rakenne on kuvan 1 mukainen.



Kuva 1. Vaikutusten arviointiohjeiston rakenne

Aluksi kuvataan kukin järjestelmä: mitkä ovat järjestelmän tavoitteet, miten laaja se on, minkälaista ohjaustietoa järjestelmä käyttää jne. Tämän jälkeen esitetään hypoteesit järjestelmän vaikutuksista liikenteeseen ja ympäristöön.

Vaikutushypoteesit muotoillaan sekä siihen tilanteeseen, jota varten järjestelmä on alun perin tarkoitettu (esimerkiksi ruuhka-aika), että muihin tilanteisiin (esimerkiksi hiljainen liikenne). Tarkastelussa otetaan huomioon seuraavat muuttuvat tekijät, joilla voi olla merkitystä tutkittavan järjestelmän vaikutuksiin:

- ajallinen kehittyminen
- ajallinen vaihtelu (esimerkiksi kesä/talvi)
- olosuhteiden kuten liikennemäärän, liikenteen koostumuksen, kelin vaihtelu

- paikkaan liittyvä vaihtelu, kuten asutuksen tiheys, tienkohta

Lisäksi otetaan huomioon järjestelmän toteutustavan mukainen vaihtelu sekä järjestelmän vaikutukset silloin, kun järjestelmässä on toimintavirhe.

Vaikutushypoteesien jälkeen esitetään, minkälaisella mittareilla eri tyyppisiä vaikutuksia voidaan selvittää ja mitkä ovat kunkin järjestelmätyypin keskeisimmät vaikutukset. Tämän jälkeen esitetään, minkälaisella tutkimusasetelmalla ja mittauksilla hypoteesit vaikutuksista voidaan todentaa tai hylätä. Tutkimusasetelma sisältää tutkimuksessa tarvittavat erilaiset koetilanteet eli suunnitelman hypoteesien kannalta olennaisista mittauksista. Tutkimusaineistot ja muu kerättävä tieto järjestetään tutkimusasetelman mukaisesti siten, että eri tekijöiden vaikutus voidaan eritellä aineistossa järjestelmän todellisen käytön kannalta validilla tavalla. Analyyseja ja hypoteesien testausta tarkastellaan tutkimusasetelmien yhteydessä.

Arviointitutkimusten tavoitteita asetettaessa on myös tarkennettava, mistä hypoteeseista kulloinkin ollaan kiinnostuneita. Kaikki mahdolliset vaikutukset eivät välttämättä aina ole kiinnostavia tutkimuksen tavoitteen toteutumisen kannalta. Rajauksia tehtäessä on kuitenkin hyvä ottaa lähtökohdaksi kaikki mahdolliset vaikutushypoteesit. Luvussa "Mittaukset ja koejärjestelyt" otetaan kantaa kunkin järjestelmän kannalta olennaisiin mittauksiin.

## 2 JÄRJESTELMÄT JA NIIDEN MAHDOLLISET VAIKUTUKSET

Tässä luvussa kuvataan järjestelmät ja esitetään hypoteesit järjestelmien aiheuttamista liikennekäyttäytymisen muutoksista. Järjestelmät kuvataan lyhyesti ja pääpiirteissään.

Kunkin järjestelmän kuvauksen jälkeen esitetään hypoteesit järjestelmän vaikutuksista kuljettajien käyttäytymiseen. Ensimmäisenä tarkastellaan aina olosuhteita ja tilannetta, jota varten järjestelmä on alun perin tehty. Esimerkiksi sääohjatun nopeusrajoitusjärjestelmän kohdalla kuvataan, mitä mahdollisia muutoksia kuljettajien toiminnassa tapahtuu, kun järjestelmä toimii huonoissa sää- ja kelioloissa. Tai häiriöiden hallintajärjestelmän osalta esitetään, miten kuljettajien käyttäytyminen muuttuu, kun järjestelmä toimii vilkkaan häiriöalttiin liikenteen aikana. Käyttäytymisen muutoksia kuvattaessa verrataan järjestelmän käyttötilannetta aina tilanteeseen, joka vallitsi ennen järjestelmän käyttöön ottoa kyseisissä olosuhteissa ja paikassa.

Arvioitaessa kunkin järjestelmän kokonaisvaikutuksia on otettava huomioon käyttäytymismuutosten suuruuden lisäksi myös erilaisten tilanteiden prosentuaalinen jakauma, esimerkiksi se, kuinka suuri osa ajasta on huonoa keliä tai häiriöaltista aikaa. Laskettaessa kokonaisarviota järjestelmän vaikutuksista on käyttäytymismuutoksia syytä painottaa tällä perusteella.

Esitetyt hypoteesit ovat suuntaa antavia ja perustuvat järjestelmien yleisten ominaisuuksien kuvaukseen. Hypoteesit täsmentyvät todellisia toteutettavia järjestelmiä arvioitaessa.

Kaikkien järjestelmien osalta mahdollisia käyttäytymismuutoksia kuvattaessa on pääsääntöisesti oletettu, että järjestelmät ovat uskottavia kuljettajien mielestä ja että ne toimivat riittävän luotettavasti tässä suhteessa. Lisäksi on yleensä oletettu, että nopeusrajoitusmerkit ovat kuituoptisia merkkejä, joissa on käännetty värit. Erikseen pohditaan myös vaikutuksia, jos järjestelmä toimii huonosti. Vaikutusten suuruuden oletetaan riippuvan järjestelmän uskottavuudesta sekä siitä, miten hyvin kuljettajat tuntevat järjestelmän toimintaperiaatteet ja hyväksyvät ne.

### 2.1 Sään ja kelin mukaan ohjatut nopeusrajoitukset

#### 2.1.1 Järjestelmän kuvaus

Sään ja kelin mukaan ohjattujen nopeusrajoitusten tavoitteena on sovittaa käytetyt enimmäisnopeudet vallitsevien keliolojen mukaisiksi. Yleensä kun nopeusrajoituksia on muutettu sää- ja kelitietojen perusteella, niitä on alennettu aikaisemmasta suurimmasta sallitusta nopeudesta. Tavoitteena on tällöin ollut alen-taa nopeustasoa sekä pienentää nopeuksien hajontaa ja onnettomuusriskiä. Tällöin myös kielteiset ympäristövaikutukset kuten päästöt vähenevät.

Sään ja kelin mukaan ohjattua järjestelmää on käytetty myös hyvin rajoitetusti nostamaan nopeustasoa hyvän kelin aikana. Tieosuudella, jolla järjestelmä on



käytössä, on saatettu käyttää muuta tieverkkoa aikaisemmin kesäajan nopeusrajoituksia, kun keli on ollut hyvä.

Säähän ja keliin perustuvassa nopeusrajoitusten ohjauksessa tarvitaan jatkuvaa tietoa sää ja kelioloista. Tämä tieto saadaan yleensä tiesääasemilta. Järjestelmässä tulee olla kiinteä ohjausyksikkö. Ohjauksen on syytä olla automaattinen, mutta siinä on oltava mahdollisuus siirtyä käsiohjaukseen liikennekeskuksesta tai muusta ohjausyksiköstä. Ohjauksessa käytetään myös tiesääkameroiden kuvaamaa tietoa ja maastosta saatua tietoa kunnossapitohenkilöstöltä.

Muuttuvat nopeusrajoitusmerkit voivat olla yksittäisiä, yleensä erityisiin ongelmakohteisiin sijoitettuja, tai kyseessä voi olla pitkätkö tiejakso, jolla kaikki nopeusrajoituksen ovat sääohjattuja. Usein tällaiseen järjestelmään kuuluu myös muita muuttuvia opasteita, joiden avulla voidaan kertoa olosuhdetietoa (esimerkiksi liukkas ajorata -liikennemerkki) tai antaa suosituksia (esim. kelin mukaan muuttuva turvaväliopaste) ja siten perustella nopeusrajoituksen alentamista.

### 2.1.2 Hypoteesit

Ensimmäisenä tarkastellaan sääohjatun järjestelmän käyttötilannetta, jossa keli on huono. Vaikutushypoteesit on muotoiltu siten, että vertailukohtana pidetään aina samaa tieosuutta ennen kuin järjestelmä otettiin käyttöön eli samaa tilannetta ilman sääohjattua järjestelmää.

Huonon kelin jälkeen tarkastellaan sääohjatun järjestelmän vaikutuksia silloin, kun keli on hyvä.

Aluksi esitetään perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista kussakin tilanteessa. Tämän jälkeen pohditaan käyttäytymismuutoksista aiheutuvia vaikutuksia mm. liikenneturvallisuuden ja ympäristön kannalta.

#### ***Huono sää, nopeusrajoitus on alennettu***

*Perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista ovat:*

- Nopeudet alenevat.
- Nopeuksien keskihajonta pienenee.
- Ajokelin ja vaaroihin liittyvien vihjeiden tarkkailu paranee.
- Ohituskäyttäytyminen muuttuu varovaisemmaksi.
- Jos järjestelmään kuuluu dynaaminen kelin huomioon ottava turvaväliopaste, ajoetäisyydet kasvavat.

Seurauksena on, että vaaratilanteet vähenevät ja onnettomuusriski pienenee. Myös ajomukavuus paranee. Polttonesteen kulutus ja päästöt alenevat.

#### ***Hyvä sää, nopeusrajoitus ennallaan***

*Perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista ovat:*



- Nopeudet alenevat vähän (,koska kuituoptisia liikenemerkkejä noudatetaan paremmin)
- Nopeuksien keskihajonta pienenee.
- Ajokelin ja vaaroihin liittyvien vihjeiden tarkkailu vähenee, koska järjestelmän uskotaan ilmaisevan tarvittaessa liukkaudesta. Vastuuta delegoidaan järjestelmälle.

Järjestelmän vaikutukset hyvällä kelillä ovat vähäiset, silloin kun järjestelmää käytetään siten, että nopeusrajoitusta ei nosteta hyvällä kelillä.

#### ***Hyvä sää, nopeusrajoitus nostetaan normaalista***

*Perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista ovat:*

- Nopeudet nousevat
- Nopeuksien keskihajonta kasvaa.
- Ajokeliin ja vaaroihin liittyvien vihjeiden tarkkailu vähenee, koska järjestelmän uskotaan ilmaisevan tarvittaessa liukkaudesta. Vastuuta delegoidaan järjestelmälle.

Liikenneturvallisuus heikkenee. Polttonesteen kulutus kasvaa ja päästöt lisääntyvät. Aikakustannukset pienenevät.

#### ***Järjestelmä toimii huonosti***

*Liian korkea rajoitus:*

- Nopeudet kasvavat.
- Keskihajonta kasvaa, koska osa kuljettajista ajaa kelin mukaisesti hiljempaa ja osa sallittua suurinta nopeutta.
- Kuljettajat eivät varaudu liukkaaseen tai muuten huonoon keliin.

Seurauksena on vaaratilanteita, koska järjestelmä antaa virheellistä tietoa kuljettajille. Samalla järjestelmän uskottavuus kärsii.

*Liian matala varoitus:*

- Nopeudet alenevat.
- Keskihajonta kasvaa, koska osa kuljettajista ajaa hyvien olosuhteiden perusteella kovempaa kuin suurinta sallittua nopeutta.

Vaikutukset ovat melko vähäisiä, mutta tilanteen toistuessa tai jatkuessa järjestelmän uskottavuus kärsii ja myönteiset vaikutukset pienenevät.

#### ***Sääohjatun osuuden jatkeet***

Vaikutukset ovat sääohjatun tieosuuden jatkeilla samanlaisia mutta pienempiä kuin varustetulla osuudella.

### ***Muita huomioita***

Vaikutukset voivat olla merkittäviä myös kesällä, jolloin huonoksi keliksi määritellään runsas vesisade ja vesiliirtovaara. Vaikutukset voivat olla erilaisia pimeään ja valoisaan aikaan. Vaikutukset huonolla kelillä voivat olla vähäisempiä, jos liikennemäärä on erityisen suuri, koska suuri liikennemäärä sinällään alentaa nopeuksia.

## **2.2 Nopeuksien harmonisointi**

### **2.2.1 Järjestelmän kuvaus**

Nopeuksien harmonisoinnilla tarkoitetaan muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmää, joka ruuhkautumisen tai häiriöiden uhatessa alentaa nopeusrajoituksen tasolle, jolla tien käytännön välityskyky paranee liikennevirran tasautumisen vuoksi. Tavoitteena on liikenneturvallisuuden parantaminen, häiriöiden vähentäminen sekä päästöjen ja melun vähentäminen.

Harmonisointijärjestelmiä käytetään pääasiassa korkealuokkaisilla liikenneväylillä, joilla on paljon liikennettä. Muuttuvat rajoitukset koskevat suhteellisen pitkiä tiejaksoja, eivät pistemäisiä kohteita.

Järjestelmän ohjaustietoina ovat liikennemäärä, ajonopeudet sekä mahdollisesti liikenteen koostumus. Näiden tietojen perusteella järjestelmä tekee päätelmiä häiriöiden syntymisen alttiudesta. Ohjauspäätösten tekeminen oikea-aikaisesti eli riittävän ajoissa on kriittistä järjestelmän toimivuuden kannalta. Ohjaustiedon keruu on jatkuvaa ja automaattista (esimerkiksi induktiosilmukat ja kamerat), ja tiedonkeruusta on yhteydet ohjausyksikköön. Järjestelmää voidaan ohjata myös käsin liikennekeskuksesta.

Muuttuvien nopeusrajoitusten lisäksi järjestelmään voi kuulua muita muuttuvia opasteita, esimerkiksi varoitusmerkkejä.

### **2.2.2 Hypoteesit**

Ensimmäisenä tarkastellaan nopeuksien harmonisoinnin käyttötilannetta, jossa liikennemäärä on suuri ja häiriöitä on odotettavissa. Vaikutushypoteesit on muotoiltu siten, että vertailukohtana pidetään samaa tieosuutta ennen kuin järjestelmä toteutettiin, eli samaa tilannetta ilman harmonisointijärjestelmää.

Suuren liikennemäärän jälkeen tarkastellaan vaikutuksia muuna ajanjaksona eli silloin kun liikennemäärä on pieni. Lisäksi tarkastellaan vaikutuksia eri kelioloissa, järjestelmän häiriötilanteissa sekä muuttuvassa ohjauksessa olevan osuuden jatkeilla ja rinnakkaisilla väylillä.

### ***Suuri liikennemäärä, nopeusrajoitus alennettu (mahdollisesti portaittain)***

*Perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista ovat:*

- Liikennevirta tasaantuu.

- Nopeudet kasvavat ja keskimääräinen matka-aika vähenee.
- Nopeuksien keskihajonta pienenee.
- Aikavälien vaihtelu pienenee.
- Ohitustarve vähenee.
- Häiriöt vähenevät.

Liikennevirran tasaantumisen myötä tien käytännön välityskyky paranee. Koska häiriöiden määrä vähenee, syntyy vähemmän vaaratilanteita ja vähemmän onnettomuuksia. Liikenneturvallisuuden paranemisen lisäksi ajomukavuus paranee, polttonesteen kulutus alenee, päästöt vähenevät ja melupiikit vähenevät.

### ***Alhainen liikennemäärä, nopeusrajoitus ennallaan***

*Perushypoteesit liikennekäyttäytymisen muutoksista ovat:*

- Liikennevirta tasaantuu hieman.
- Nopeuksien keskihajonta pienenee vähän.
- Nopeudet pienenevät vähän.
- Ohitustarve pienenee vähän.
- Häiriöiden määrä vähenee vähän.

Koska liikennevirta tasaantuu ja häiriöiden määrä vähenee, syntyy vähemmän vaaratilanteita ja vähemmän onnettomuuksia. Liikenneturvallisuuden paranemisen lisäksi ajomukavuus paranee, polttonesteen kulutus alenee, päästöt vähenevät ja melupiikit vähenevät. Vaikutukset ovat pienempiä kuin suurella liikennemäärällä.

*Huonot sää- ja keliolot:*

Elleivät sää- ja keliolot vaikuta ohjaukseen, nopeudet ovat huonoissa sää- ja kelioloissa suurempia kuin ilman järjestelmää. Tämä sen vuoksi, että kuljettajat noudattavat paremmin kuituoptyisilla liikennemerkkeillä osoitettuja nopeusrajoituksia kuin perinteisillä merkeillä osoitettuja (Luoma, 1996). Lisäksi kuljettajat saattavat kuvitella, että muuttuvassa nopeusrajoituksessa on sää- ja kelitekijät otettu huomioon vaikkei niin olisikaan. Keskinopeus nousee huonoissa sää- ja kelioloissa, koska nopeusrajoitukset koetaan ohjenopeuksina. Nopeuksien hajonta kasvaa, ohitustarve kasvaa ja häiriöalttius kasvaa. Tällöin järjestelmä lisää vaaratilanteita ja onnettomuuksia sekä ympäristöhaittoja. Lisäksi tällöin on oletettavissa, että järjestelmän uskottavuus kärsii ja vaikutukset vähenevät myös muina aikoina.

### ***Järjestelmä toimii huonosti***

*Liian korkea rajoitus*

- Häiriötilanteet lisääntyvät.
- Vaaratilanteet ja onnettomuudet lisääntyvät.



- Ympäristöongelmat lisääntyvät.

Tällöin järjestelmän uskottavuus kärsii ja myönteiset vaikutukset pienenevät yleisesti.

#### *Liian alhainen rajoitus*

- Nopeuksien hajonta kasvaa
- Häiriötilanteet lisääntyvät

Tällöin järjestelmän uskottavuus kärsii ja myönteiset vaikutukset pienenevät yleisesti. (eri kuljettajajoukko käyttäytyy muista poikkeavasti verrattuna tilanteeseen, jossa rajoitus liian korkea)

#### **Jatkeet ja vaihtoehtoiset reitit**

- Liikennettä siirtyy muuttuvien nopeusrajoitusten osuudelle seurausvaikutuksineen

Onnettomuusaste voi hieman kasvaa vaihtoehtoisella reitillä, jos liikenteen määrä sillä vähenee, sillä tällöin nopeudet saattavat nousta. Onnettomuuksien kokonaismäärä ei välttämättä kuitenkaan kasva. Koko turvallisuusvaikutus riippuu koeosuuden onnettomuusasteen ja vaihtoehtoisten reittien onnettomuusasteen eroista. Ympäristöhaittojen arvioidaan vähenevän sen vuoksi, että altistus vähenee. Korkeatasoinen väylä ei yleensä kulje taajaan asutun alueen läpi.

Valikoitu kuljettajajoukko siirtyy vaihtoehtoiselle reitille, jolla keskinopeus mahdollisesti kasvaa ja onnettomuusriski kasvaa.

#### **Muita huomioita**

- Vaikutukset ovat suurempia, jos ohjattu jakso on pitkä verrattuna lyhyeen tiejaksoon. Yleensä harmonisointi on järjestelmätason toimenpide.
- Kun järjestelmä toimii hyvin, sen uskottavuus lisääntyy. Tällöin järjestelmän vaikutukset joko pysyvät ennallaan tai lisääntyvät vähän.
- Vaikutukset voivat olla erilaiset kesällä ja talvella sekä valoisaan ja pimeään aikaan.

## **2.3 Häiriöiden hallinta**

### **2.3.1 Järjestelmän kuvaus**

Järjestelmän tavoitteena on minimoida häiriön sattuessa sen aiheuttamat haittavaikutukset. Järjestelmä varoittaa häiriöalttiista kohdasta. Nopeustaso pyritään alentamaan muuttuvien nopeusrajoitusten avulla ja nopeuksien hajontaa pyritään tasaamaan. Joissain tapauksissa liikenne ohjataan pois häiriöityneeltä kaistalta tai tieltä. Tavoitteena on vähentää onnettomuuksia.

Tyypillisesti tieosuudella on paljon liikennettä. Häiriöalttiissa kohdassa voi olla huono näkyvyys, jolloin kuljettaja saatta kohdata yllättäen pysähtyneen autojo-



non. Muita tyypillisiä kohteita ovat tietyömaat ja avattavat sillat. Häiriöiden hallintajärjestelmien sovellutuskohdeita ovat lyhyet tiejaksot, kun taas harmonisointikohteet ovat pitkäköjät tieosuuksia.

Ohjaustietona järjestelmä käyttää tosiaikaista tietoa häiriöistä. Usein järjestelmässä on jatkuva automaattinen tiedonkeruu. Näitä voivat olla automaattiset onnettomuuksien tai ruuhkan tunnistamisjärjestelmät. Häiriöiden tunnistaminen voi olla myös osin tai täysin manuaalista. Tietojen välitys eteenpäin on joko jatkuva tai tapahtuu tarpeen vaatiessa. Tieto on tarpeen välittää liikennekeskukseen tai operaattorille, joka varmistaa tilanteen ja huolehtii tarvittavista muista toimenpiteistä.

Muuttuvien nopeusrajoitusten lisäksi järjestelmään kuuluvat muuttuvat varoitusmerkit ja/tai kaistaopasteet.

### 2.3.2 Hypoteesit

Jälleen vaikutushypoteesit on muotoiltu siten, että vertailukohtana pidetään samaa tieosuutta ennen kuin järjestelmä toteutettiin, eli samaa tilannetta ilman häiriöiden hallintajärjestelmää.

#### ***Varustettu osuus häiriön aikana, nopeusrajoitus alennettu***

*Perushypoteesit liikennekäyttämisen muutoksista ovat:*

- Nopeudet alenevat.
- Aikavälit pitenevät.
- Kuljettajat varautuvat paremmin pysähtymiseen ja tarkkaavaisuus suuntautuu järjestelmän osoittamaan kohteeseen, esimerkiksi pysähtymisen ennakkointiin.
- Nopeuksien keskihajonta pienenee, koska keskinopeus pienenee.
- Ohitustarve vähenee.
- Kaistanvaihdot vähenevät ellei järjestelmä erityisesti ohjaa vaihtamaan kaistaa.
- Käyttämisen ennustettavuus saattaa parantua.

Seurauksena on vähemmän vaaratilanteita ja vähemmän onnettomuuksia. Tieto häiriöistä parantaa ajomukavuutta. Samalla vastuuta häiriötilanteeseen reagomisesta delegoidaan järjestelmälle. Koska liikennevirta tasaantuu, polttonesteen kulutus alenee. Päästöt ja melu vähenevät.

#### ***Varustettu osuus, ei häiriötä, nopeusrajoitus ennallaan***

*Perushypoteesit liikennekäyttämisen muutoksista ovat:*

- Pitkällä tähtäyksellä vastuuta mahdollisen häiriötilanteen hoitamisesta delegoidaan järjestelmälle. Ajomukavuus kasvaa ja tarkkaavaisuus suuntautuu muuhun kuin pysähtymisen ennakkointiin.

- Nopeudet kasvavat.
- Aikavälit lyhenevät.

Seurauksena on enemmän vaaratilanteita ja onnettomuuksia sekä ympäristöhaittojen lisääntyminen. Onnettomuusriski siis mahdollisesti kasvaa lievästi sinä aikana, jona ennen järjestelmän käyttöönottoa häiriöitä esiintyi vähän ja onnettomuusriski oli pieni.

#### *Huonot sää- ja keliolot:*

Pelkästään häiriöihin perustuva järjestelmä on Suomessa ongelmallinen. Elleivät sää- ja keliolot vaikuta ohjaukseen, kuljettajien kokema ohjenopeus on huonoissa sää- ja kelioloissa suurempi kuin ilman järjestelmää. Tällöin järjestelmä lisää vaaratilanteita ja onnettomuuksia sekä ympäristöhaittoja, koska nopeuksien hajonta kasvaa, ohitustarve kasvaa ja häiriöalttius kasvaa. Lisäksi tällöin on oletettavissa, että järjestelmän uskottavuus kärsii ja vaikutukset vähenevät myös muina aikoina.

#### **Järjestelmä toimii huonosti**

Järjestelmän huonosta toiminnasta aiheutuvien kielteisten vaikutusten arvioidaan olevan erityisen suuria häiriöiden hallintaan tähtäävässä järjestelmässä.

#### *Järjestelmä ei varoita häiriöstä ja nopeusrajoitus on liian korkea*

- Häiriötilanteet lisääntyvät.
- Vaaratilanteet ja onnettomuudet lisääntyvät.
- Ympäristöongelmat lisääntyvät.

Järjestelmä siis tällöin pahentaa häiriöitä ja tuottaa vaaratilanteita, koska suuri osa tietää järjestelmän toimintaperiaatteen ja luotta sen toimintaan. Lisäksi uskottavuus kärsii ja myönteiset vaikutukset pienenevät yleisesti.

#### *Järjestelmää antaa "väärä hälytyksiä" ja nopeusrajoitus on liian alhainen*

- Nopeuksien keskihajonta kasvaa
- Häiriötilanteet lisääntyvät

Seurauksena on, että järjestelmän uskottavuus kärsii ja myönteiset vaikutukset pienenevät yleisesti.

#### **Jatkeet ja vaihtoehtoiset reitit**

Liikennevirran tasaantumisen häiriökohdassa oletetaan heijastuvan häiriöaltista tienkohtaa edeltävälle jaksolle tasaten liikennevirtaa myös tällä edeltävällä osuudella. Häiriökohdan jälkeen tulevalle tieosalle järjestelmällä ei todennäköisesti ole muuta vaikutusta kuin mahdollisesti onnettomuustapauksessa tilanteen parantuneesta näkymisestä ja varoittamisesta aiheutuva rauhallisempi ajotapa.

Liikenne siirtyy joissain tapauksissa jonkin verran vaihtoehtoisille reiteille häiriön aikana. Muina aikoina liikennettä siirtyy vaihtoehtoisilta reiteiltä varustetulle. Mikäli varustettu väylä on taajaman ulkopuolinen väylä ja verkon kokonaissuorit-



teesta osa siirtyy vaihtoehtoisille väylille, ympäristöhaitat lisääntyvät. Ympäristöhaitat lisääntyvät etenkin sen takia, että suoritetta siirtyy taajaan asutulle alueelle, jolloin altistuvien määrä kasvaa.

### **Muita huomioita**

Kun järjestelmä toimii hyvin, sen uskottavuus lisääntyy. Tällöin järjestelmän vaikutukset joko pysyvät ennallaan tai lisääntyvät vähän. Vaikutukset voivat olla erilaisia valoisan ja pimeän aikana.

## **2.4 Liittymisen helpottaminen**

### **2.4.1 Järjestelmän kuvaus**

Tavoitteena on liittymisen helpottaminen sivutieltä päätielle, kun pääsuunta on niin ruuhkainen, ettei sinne pääse sivutieltä. Etenkin jos sivutieltä on paljon liitettävää liikennettä, ja sivutie alkaa ruuhkautua, liittymistä voidaan helpottaa alentamalla pääsuunnan nopeusrajoitusta muuttuvilla liikennemerkeillä. Tavoitteena on lyhentää sivutien jonoa, vähentää vaaratilanteita ja onnettomuuksia sekä vähentää päästöjä.

Ohjausjärjestelmä voi olla automaattinen (liikennemäärät, nopeudet, jonon pituuden tunnistava) tai esimerkiksi kellonajan mukaan ajastettu. Järjestelmässä täytyy olla kiinteä yhteys ohjausyksikön ja liikennekeskukseen. Liikennekeskus voi ohjata järjestelmää myös manuaalisesti.

Muuttuvat nopeusrajoitukset ovat tässä tapauksessa pistemäisiä. Nopeudet alennetaan tarvittaessa portaittain (esimerkiksi 100 - 80 - 60 km/h).

### **2.4.2 Hypoteesit**

Vaikutushypoteesien muotoilussa vertailukohtana pidetään samaa tieosuutta ja liittymää ennen kuin järjestelmä toteutettiin, eli samaa tilannetta ilman liittymistä helpottavaa järjestelmää.

#### ***Vilkaan liikenteen aikana, nopeusrajoitus alennettu***

*Perushypoteesit liikennekäyttyymisen muutoksista ovat:*

- Nopeudet alenevat
- Halukkuus päästää sivutieltä tulijoita kasvaa. Vuorovaikutus pää- ja sivutien kuljettajien kesken lisääntyy.
- Nopeuksien vaihtelu mahdollisesti vähenee, mutta voi myös kasvaa, jos kuljettajien välillä on suuria eroja muuttuvien nopeusrajoitusten havaitsemisessa tai järjestelmän hyväksymisessä.
- Sivutieltä tulevien kriittiset aikavälit lyhenevät
- Sivutieltä liitytään useammin, odotusaika liittymässä pienenee

- Sivutien jonot lyhenevät

Seurauksena liikennekäyttämisen muutoksista on, että vaaratilanteet risteyksessä vähenevät, mutta vaaratilanteet pääajosuunnalla peräänajojen osalta voivat lisääntyä. Polttoaineen kulutus ja päästöt vähenevät. Sivutien liikenteen sujuvuus paranee, pääsuunnan heikkenee jonkin verran.

#### ***Alhainen liikennemäärä, nopeusrajoitus ennallaan***

Vaikutukset ovat pienehköjä. *Perushypoteesit liikennekäyttämisen muutoksista* ovat:

- Nopeudet ja nopeustason vaihtelu vähenevät hieman, jos merkit ovat kuituoptisia.
- Halukkuus päästää sivutieltä saattaa vähetä, jos kuljettajat haluavat maksimaalisen hyödyn korkeammasta rajoituksesta. Halukkuus voi myös lisääntyä, jos kuljettajat oppivat alhaisella rajoituksella päästämään tulijoita sivutieltä.
- Sivusuunnasta tulevien liittymishalu lisääntyy hieman, koska käyttäytyminen mukautuu uuden tilanteen mukaiseksi.

Seurauksena on jonkin verran lisää vaaratilanteita.

*Huonot sää- ja keliolot.*

Elleivät sää- ja keliolot vaikuta ohjaukseen nopeuksien hajonta kasvaa huonolla ajokelillä. Tällöin vaaratilanteiden, etenkin peräänajojen, määrä kasvaa.

#### ***Muita huomioita***

Järjestelmän vaikutukset voivat olla erilaiset kesällä ja talvella. Merkkien teknisellä ratkaisulla (kuituoptinen vai perinteisen näköinen) ja sijoittelulla on merkitystä vaikutusten suuruuteen.

Järjestelmän huono toiminta vaikuttaa oletettuihin käyttäytymismuutoksiin vain vähän.

## **2.5 Pistemäiset nopeusrajoitukset erityiskohteissa**

### **2.5.1 Järjestelmän kuvaus**

Tavoitteena on parantaa turvallisuutta jossain pistemäisessä kohteessa, jossa voi ilmetä tiettyinä ajankohtina tai muuten tunnistettavasti turvallisuusongelmia. Esimerkkinä tässä käytetään koulujen kohdalla sovellettavaa järjestelmää, jonka tavoitteena on parantaa lasten turvallisuutta ja ajoradan ylitysmahdollisuuksia kouluun tultaessa ja sieltä lähdettäessä. Nopeusrajoitus alennetaan tiellä, jonka koululaiset joutuvat ylittämään. Lisäksi järjestelmään voi kuulua opasteita, joiden tarkoitus on kiinnittää kuljettajien huomio lapsiin. Tämän tyyppistä järjestelmää voidaan periaatteessa käyttää myös muussa kohteessa, jossa lapsia liikkuu paljon (päiväkodit, urheilukentät).



Järjestelmän ohjaus tapahtuu käsin tai ajastimella. Ohjausjärjestely on paikallinen, eikä siitä yleensä ole tarvetta olla yhteyttä liikennekeskukseen.

Kohde on luonteeltaan pistemäinen. Muuttuvien nopeusrajoitusmerkkien lisäksi paikassa voi olla muuttuvia lapsista varoittava opaste tai nopeusrajoitusmerkin huomioarvoa lisätään erillisillä lampuilla. Erillistä vilkkuvaa lamppua voidaan käyttää myös suojatiemerkin päällä.

### 2.5.2 Hypoteesit

Vaikutushypoteesien muotoilussa vertailukohtana pidetään samaa tieosuutta ja liittymää ennen kuin järjestelmä toteutettiin, eli samaa tilannetta ilman lapsista varoittavaa järjestelmää.

#### ***Lapsia liikkuu paljon ja järjestelmä toimii***

*Perushypoteesit liikennekäyttäjymisen muutoksista ovat:*

- Nopeudet alenevat
- Nopeuksien vaihtelu vähenee
- Valppaus ja lasten liikkumisen tarkkailu lisääntyy.
- Vuorovaikutus kuljettajien ja lasten välillä lisääntyy. Halukkuus päästää lapset tien yli lisääntyy.
- Lapset ylittävät tien rohkeammin.

Seurauksena on vähemmän vaaratilanteita, koska autoilijat antavat lapsille tietä ja varovat heitä. Toisaalta, jos lapset oppivat luottamaan siihen, että autoilijat antavat tietä, tai he kokevat ylityspaikan turvalliseksi, koska autojen nopeudet laskevat, heidän käyttäytymisensä saattaa muuttua tavalla, joka on lasten turvallisuuden kannalta epäedullista.

#### ***Muut ajat, järjestelmä ei varoita lapsista***

Vaikutusten oletetaan olevan pieniä verrattuna tilanteeseen, jolloin järjestelmää ei vielä oltu rakennettu. Sekä ajonopeus että valppaus ja lasten tarkkailu voivat joko lisääntyä tai vähentyä aikoina, jolloin järjestelmä ei varoita lapsista. Voi olla, että paikassa totutaan ajamaan varovaisemmin yleisesti. Toisaalta kuljettajat voivat luottaa järjestelmään niin paljon, että ajavat entistä huolettomammin aikana, jolloin järjestelmä ei varoita lapsista. Mahdollisesti erilaiset suhtautumistavat lisäävät käyttäytymisen vaihtelua. Huonoissa sää- ja kelioloissa järjestelmä voi lisätä nopeuksia (lähtönopeustasosta riippuen) ja siten myös onnettomuusriskiä.

### 3 Vaikutusmittarit

Taulukossa 1 tarkastellaan eri vaikutushypoteesien testaamisessa käytettäviä vaikutusmittareita.

Monien vaikutusmittarien arvot vaihtelevat muistakin syistä kuin järjestelmän toiminnan vuoksi. Tämän vuoksi tulee yleensä tarkastella vaikutusmittareiden lisäksi muiden syiden vaikutuksia kuvaavia seuraavia mittareita:

- Liikenteen määrä, KVL (ajoneuvoa/vrk), tuntiliikennemäärä (ajoneuvoa/h) tai liikennesuorite (ajoneuvokm)
- Liikenteen koostumus, ajoneuvotyyppijakauma
- Huonojen sää- ja keliolojen esiintyminen (tiesää tiedot koko tarkasteluajalta)

Liikenteen määrän muutosten tarkastelu on myös siksi tärkeää, että useimpien muutosten suuruus (mm. onnettomuuksien, päästöjen ja liikenteessä kulutetun ajan kokonaismäärä tiejaksolla) on likimain suoraan verrannollinen liikennemäärään.

Tutkimusta suunniteltaessa ja mittareita valittaessa pitää keskittyä kulloisenkin järjestelmän kannalta keskeisiin vaikutuksiin unohtamatta kuitenkaan sellaisia vaikutuksia, joilla voi olla ratkaiseva merkitys järjestelmien hyväksyttävyyteen tai yhteiskuntataloudelliseen kannattavuuteen. Taulukkoon 2 on merkitty kunkin järjestelmän toiminnallisten tavoitteiden kannalta keskeiset vaikutukset.

Sää- ja keliolojen mukaan muuttuvien nopeusrajoitusten tavoitteita voivat olla toisaalta liikenneturvallisuuden parantaminen huonoissa sää- ja kelioloissa kuljettajien nopeuksia alentamalla ja valppautta lisäämällä ja toisaalta matka-aikojen lyhentäminen hyvissä sää- ja kelioloissa nopeuksia nostamalla.

Nopeuksien harmonisoinnissa päävaikutukset liittyvät nopeuksien tasaamiseen, ohitustarpeen vähenemiseen ja niiden kautta häiriöiden vähenemiseen ja välityskyvyn kasvuun.

Häiriötilanteiden hallintaan liittyvissä järjestelmissä pyritään muuttuvien nopeusrajoitusten avulla avustamaan kuljettajia varautumaan alentamaan nopeuttaan ja lisäämään kuljettajien tarkkaavaisuutta, jotta liikennevirta tasaantuisi ja uusilta häiriötilanteilta ja onnettomuuksilta vältyttäisiin. Tieverkon kyseisen osan matka-aikasumma vähenee.

Liittymistä helpottavien muuttuvien nopeusrajoitusten tavoitteena on nimensä mukaisesti tehdä sivutieltä päätielle liittyminen helpommaksi alentamalla pääsuunnan nopeuksia. Nopeuksien alentamisen, pääsuunnan kuljettajien tarkkaavaisuuden lisäämisen sekä niistä seuraavan pääsuunnan ja sivusuunnan autoilijoiden välisen vuorovaikutuksen paranemisen odotetaan myös parantavan liittymän turvallisuutta.

Pistekohtaisten muuttuvien nopeusrajoitusten päätavoitteena on liikenneturvallisuuden parantaminen. Tämä tapahtuu ajoneuvojen nopeuksia alentamalla ja suuntaamalla kuljettajien tarkkaavaisuutta rajoitusten alentamisen aiheuttajiin, esim. tietä mahdollisesti ylittäviin lapsiin. Seurauksena on tienkäyttäjien välisen vuorovaikutuksen paraneminen.



*Taulukko 1. Muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutushypoteesit ja niitä vastaavat vaikutusmittarit.*

Mahdollinen vaikutus	Vaikutusmittari
Liikennevirta tasaantuu	Pistenopeusjakauman muotoa kuvaavat muuttujat (vinous, leveyssuhde, hajonta)
	Matkanopeusjakauman muotoa kuvaavat muuttujat
	Nopeuksien muutosten määrä
Häiriöalttius muuttuu (häiriö on epätavallinen liikennetilanne kuten onnettomuus, ajoradan tai sen osan tukkiva este, yms.)	Kriittisten, alle 0,5 sekunnin aikavälien osuus alle 3 (tai 5) sekunnin aikaväleistä
	Kriittisten, alle 1 sekunnin TTC <sup>1</sup> -arvojen (Time-To-Collision) osuus alle 5 sekunnin TTC-arvoista
Häiriöiden määrä muuttuu	Aika, jona keskinopeus laskee alle 50 %:iin vapaiden olosuhteiden keskinopeudesta
Nopeuksien keskihajonta muuttuu	Pistenopeuksien keskihajonta
Aikavälien keskihajonta muuttuu	Aikavälien keskihajonta
Keskinopeus muuttuu	Nopeuksien keskiarvo
Matka-aika muuttuu	Matka-aikojen keskiarvo
Ohitustarve muuttuu	Ohitusten määrä / km
	Teoreettinen ohitustarve nopeusjakauman perusteella
Tien välityskyky muuttuu	Varausaste / nopeus / liikennemäärä
	Matka-aikojen keskiarvo eri liikennemäärillä
Liittyvän suunnan välityskyky muuttuu	Kriittinen aikaväli
	Palveluajat liittyvällä suunnalla
Reitinvalinta muuttuu	Vaihtoehtoisilta reiteiltä koetielle tai päinvastoin siirtyvien ajoneuvojen määrä
Kuljettajien valppaus muuttuu (yleinen vireystaso)	Reaktioajat
	Subjekttiivinen arvio
	Nopeuden valinta
Kuljettajien tarkkaavaisuus muuttuu (tarkkaavaisuuden suuntaaminen)	Silmänliikkeet
	Subjekttiivinen arvio
Tienkäyttäjien vuorovaikutus muuttuu	Vuorovaikutustilaneiden ratkaisut
Liikenneturvallisuus muuttuu	Vaaratilanteiden (konfliktien määrä)
	Onnettomuuksien määrä
	Onnett. kuolleiden t. vammautuneiden lukumäärä
	Onnettomuusaste
Ympäristövaikutukset muuttuvat	Polttonesteen kulutus
	Melutaso
	Melualan laajuus ja sen sisälle jäävien asukkaiden määrä
	Päästöjen (NO <sub>x</sub> , HC, CO, CO <sub>2</sub> ) määrä
Järjestelmän uskottavuus muuttuu	Tienkäyttäjien hyväksyntä
	Järjestelmän virhetoimintojen määrä

<sup>1</sup> TTC eli Time-To-Collision lasketaan kahden peräkkäin ajavan ajoneuvon välille silloin kun taaempaa ajavan ajoneuvon B nopeus  $v_B$  on suurempi kuin edellä ajavan ajoneuvon A nopeus  $v_A$  seuraavasti tietyn tien poikkileikkauksen kohdalla:  $TTC_{AB} = [(t_A - t_B)v_A] / (v_B - v_A)$ , missä  $t_A$  ja  $t_B$  ovat ne ajat, jolloin ajoneuvoivat ohittivat tarkastellun poikkileikkauksen.



*Taulukko 2. Muuttuvien nopeusrajoitusten keskeiset mahdolliset vaikutukset (1 tarkoittaa tärkeimpiä ja X muita keskeisiä vaikutuksia) järjestelmätyypeittäin.*

Vaikutusten kohde	Sää- ja kelin mukaan ohjatut	Nopeuksien harmonisointi	Häiriöiden hallinta	Liittymisen helpottaminen	Pistemäiset kohteet
Liikennevirta		1	X		
Häiriöalttius			X		
Häiriöiden määrä			1		
Nopeuksien keskihajonta		X			
Aikavälien keskihajonta					
Keskinopeus	1		X	1	1
Matka-aika	X	X	X		
Ohitustarve		X			
Tien välityskyky		1			
Liittyvän suunnan välityskyky				1	
Reitinvalinta			X <sup>a)</sup>		
Kuljettajien valppaus	X		X		X
Kuljettajien tarkkaavaisuus			X		X
Tienkäyttäjien vuorovaikutus				X	X
Liikenneturvallisuus	1		1	X	1
Ympäristövaikutukset					
Järjestelmän uskottavuus					

a) jos vaihtoehtoinen reitti olemassa ja liikenne pyritään ohjaamaan sille häiriötilanteiden aikana

## 4 Tutkimusasetelma ja analyysit

### 4.1 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelma kuvaa tapaa, jolla tutkimus ja siihen liittyvä tiedonkeruu järjestetään siten, että asetelma antaa mahdollisuuden toimenpiteen vaikutuksen selvittämiseen harhattomana analyysivaiheessa. Taulukossa 3 esitetään perusasetelma vaikutusten tutkimiseen.

*Taulukko 3. Perusasetelma muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten tutkimiseen.*

	Ennen	Jälkeen 1 (välittömät vaikutukset)	Jälkeen 2 (pysyvät vaikutukset)
Vertailutieosuus			
Koetieosuus			
Koetieosuuden jatkeet			
Vaihtoehtoiset reitit koetieosuudelle			

Ennen-jaksolla oletetaan tieosuudella käytettävän tavanomaista kiinteiden nopeusrajoitusten järjestelmää, jossa tieosuudella voi talvikaudella olla alempi nopeusrajoitus kuin muuna aikana vuodessa. Jälkeen-aineisto kerätään täsmälleen samoina aikoina vuodesta kuin ennen-aineistokin, jotta tarkasteltujen tienkäyttäjien matkatarkoituksijakaumat ja muut vastaavat ominaisuudet olisivat mahdollisimman samat. Jälkeen 1-vaiheen aineisto kerätään tavallisesti mahdollisimman pian järjestelmän toteuttamisen jälkeen haluttaessa nopeita arvioita järjestelmän vaikutuksista mm. järjestelmän toiminnan säätämisen vuoksi. Järjestelmän pysyvät vaikutukset selviävät vasta Jälkeen 2-vaiheessa, jonka aineiston keruu voi alkaa aikaisintaan vuoden kuluttua järjestelmän käyttöönotosta.

Aineisto tulee järjestellä lisäksi yleensä taulukon 4 mukaisten olosuhteiden perusteella.

Aineistosta kannattaa karsia pois sellaiset poikkeukselliset tilanteet, esim. suuret yleisötapahdot, joita ei esiinny samoissa tarkasteluolosuhteissa sekä ennen- että jälkeen-vaiheissa.

*Taulukko 4. Tarkasteluolosuhteet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusarvioinneissa. Joka taulukon solussa tarkastellaan erikseen tilannetta järjestelmän toiminnan eli eri nopeusrajoitusarvojen ja muiden opasteiden näyttöjen mukaan.*

		Talvirajoitusaika				Muu aika			
		Hyvät sää- ja keliolot		Huonot sää- ja keliolot		Hyvät sää- ja keliolot		Huonot sää- ja keliolot	
		Va-loisa	Pi-meä	Va-loisa	Pi-meä	Va-loisa	Pi-meä	Va-loisa	Pi-meä
Tilanteet, joissa nopeusrajoitusta on tarkoituksena alentaa	Säännöllinen, toistuva tilanne								
	Yllättävä tilanne								
Tilanteet, joissa nopeusrajoitusta on tarkoituksena nostaa	Säännöllinen, toistuva tilanne								
	Yllättävä tilanne								
Muut ajat tai tilanteet	Säännöllinen, toistuva tilanne								
	Yllättävä tilanne								

Taulukossa 4 säännöllisellä, toistuvalla tilanteella tarkoitetaan sellaista, joka toistuu päivittäin tai viikoittain samanlaisena; esimerkiksi työmatkaruuhka kaupunkin sisääntulotiellä tai monet koululaiset ylittävät aamulla koulun läheistä suojatietä. Yllättävä tilanne on puolestaan sellainen, jonka tapahtumiseen tienkäyttäjä ei ole tottunut tai varautunut kyseisellä tieosuudella kyseisenä aikana aiemmin saamiensa kokemusten perusteella; esimerkiksi keskellä päivää onnettomuuden takia syntyy ruuhka tai lapset tulevat suurena ryhmänä koulun suojatielle viikonloppuna.

Aineiston keruussa sovelletaan taulukkoa 4 järjestelmäkohtaisesti. Esimerkiksi koulun kohdalle toteutettavan pistemäisen järjestelmän tapauksessa ei kannattane erotella talvirajoitusaikaa ja muuta aikaa vaan pikemminkin koulujen auki-oloviikot ja muut ajat sekä arkipäivät ja viikonloput. Samoin nopeusrajoitusten nostaminen on asiaankuuluvaa vain joidenkin järjestelmien osalta.

Aineistot kerätään taulukossa 3 esitetyn tutkimusasetelman mukaisesti siten, että vertailuteilla ja ennen-tilanteessa luokittelu vastaaviin tilanteisiin kuin järjestelmän toimintaluokat (eri nopeusrajoitusten ja muuttuvien opasteiden näytöt) tehdään järjestelmän ohjausalgoritmien mukaisesti. Luokittelussa noudatetaan kuitenkin vastaavia ajankohtia ja muita olosuhteita kuin tarkasteluosuudella siten, että vertailtavat tilanteet poikkeasivat toisistaan vain tutkittavan järjestelmän käytössä olemisen suhteen. Tarkasteluosuuden jatkeilla ja vaihtoehtoisilla reiteillä luokittelu tehdään tarkasteluosuuden mukaisesti.

Analyysien tavoitteena on arvioida järjestelmän vaikutus mahdollisimman luotettavalla tavalla. Järjestelmän vaikutusten erottelunsa muiden tekijöiden

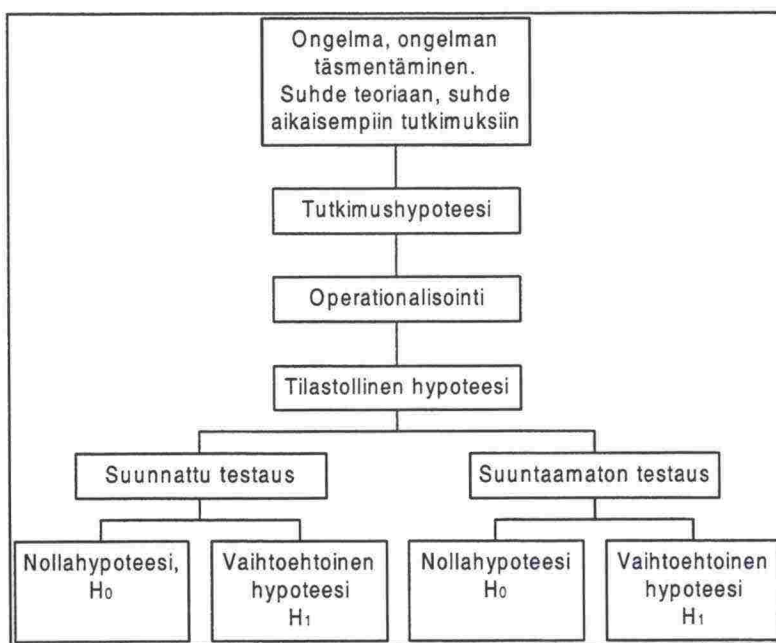


vaikutuksesta muutokset ennen-jälkeen arvioidaan taulukkojen 3 ja 4 mukaisissa asetelmissa.

Vaikutusten arvioinnissa on kyse myös järjestelmän vaikutuksista tehtyjen tutkimushypoteesien oikeellisuuden ja havaittujen muutosten tilastollisen merkitsevyyden testauksesta.

## 4.2 Tilastollisen merkitsevyyden testaus

Tilastollisen merkitsevyyden testaus perustuu todennäköisyyksiin. Tutkitaan, millä kohdalla tai alueella jotakin tyypiltään tunnettua tai oletettua jakaumaa ollaan. Tutkittavassa otoksessa tai näytteessä havaitaan jokin ryhmien välinen ero tai riippuvaisuus, tai halutaan tietää, eroavatko tutkittavat ryhmät toisistaan josakin suhteessa. Tilastollisen merkitsevyyden testauksen vaiheet esimerkiksi keskiarvojen testauksessa on esitetty kuvassa 2 (Järvenpää ja Kosonen 1996).



Kuva 2. Tilastollisen merkitsevyyden testauksen vaiheet (Järvenpää ja Kosonen 1996).

Hypoteesien testaamisen tarkoituksena on tehdä johtopäätöksiä siitä, mikä havaintoaineistossa on sattuman ja mikä tutkittavan muuttujan osuutta.

Hypoteesien testauksen vaiheet ovat nollahypoteesin asettaminen, tilastollisen testin valinta, merkitsevyydestä ja sen suuruudesta päättäminen, otantajakauman määrittäminen, hylkäysalueen eli ns. kriittisen alueen määrittäminen ja lopullisen päätöksen tekeminen. (Blom, 1989)

### Nollahypoteesin asettaminen

Tutkijalla on hypoteesi tai oletamus, joka on johdettu teoriasta ja/tai aikaisemmista tutkimuksista. Testauksen tarkoituksena on tutkia, voidaanko ns. nollahypoteesi hylätä, jolloin voidaan hyväksyä sen kanssa vaihtoehtoinen hypoteesi.

Nollahypoteesin tulee olla täsmällinen olettamus perusjoukon jakaumasta tai tunnusluvusta, jotta tarvittava otantajakauma voitaisiin määritellä (Järvenpää ja Kosonen, 1996). Nollahypoteesina voidaan esimerkiksi pitää olettamusta, ettei muuttuva nopeusrajoitus (huonolla kelillä 80 km/h) muuta autojen nopeuksien keskihajontaa siitä, mitä se oli ennen muuttuvien nopeusrajoitusten asettamista (rajoitus pysyvä 100 km/h).

Hypoteesi voidaan asettaa yksisuuntaisena eli suunnattuna tai kaksisuuntaisena eli suuntaamattomana. Tilastollisesti merkitsevä ero löydetään yleensä yksisuuntaisella testillä helpommin. Yksisuuntaista testiä käytetään silloin, kun teoriasta ja/tai aikaisemmista tutkimuksista voidaan löytää perusteita hypoteesin suunnan ennustamiseen (Blom, 1989). Esimerkkinä yksisuuntaisen hypoteesin asettamisesta voi olla tieto siitä, että nopeuksien keskihajonta on alhaisempi nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h kuin 100 km/h.

### Tilastollisen testin valinta

Tilastolliset testit voidaan luokitella kolmella kriteerillä:

1. Mistä tunnusluvusta on kysymys: keskiarvo, prosenttiluku, varianssi tai riippuvuusluvut.
2. Perusjoukkojen ja otosten lukumäärä ja otosten keskinäinen riippuvaisuus tai riippumattomuus.
3. Perusjoukkojen jakaumiin liitettävät olettamukset, joiden perusteella testit jaetaan ns. parametrisiin ja ei-parametrisiin testeihin.

Ns. parametriset testit sisältävät olettamuksia perusjoukon jakaumista. Lisäksi niihin sisältyy useimmiten olettamus perusjoukon jakauman normaalisuudesta. Ns. ei-parametrisiä testejä pitäisi käyttää silloin kun muuttujat on mitattu luokitustai järjestysasteikolla tai jos on syytä epäillä muuttujan arvojen normaalista jakautumista. Lisäksi niitä olisi käytettävä silloin, kun otos tai näyte on hyvin pieni, eikä perusjoukon tarkka jakautuminen ole tiedossa. (Milton ja Arnold, 1990).

### Merkitsevyystasosta päättäminen

Ennen kuin tilastollinen testi tehdään, täytyy päättää, mikä merkitsevyystaso valitaan. Merkitsevyystaso, eli riskitaso ( $\alpha$  tai  $p$ ) ilmaisee, mikä on todennäköisyys tehdä hylkäämiserhe eli hylätä nollahypoteesi, vaikka se on tosi. Hyväksymiserhettä ja todennäköisyyttä tehdä hyväksymiserhe merkitään tavallisesti  $\beta$ :lla. (Milton ja Arnold, 1990).

Tilastollisen testin voimakkuudella tarkoitetaan testin kykyä hylätä nollahypoteesi, silloin kun se on epätosi eli se pitäisi hylätä. Testin voimakkuus on  $1-\beta$  (hyväksymiserheen todennäköisyys;  $\beta$ ). Yleensä minkä tahansa testin voimakkuus lisääntyy tapausten lukumäärän ( $n$ ) kasvaessa. Tilastolliseen testiin liittyvät erheet voidaan esittää kuvan 3 mukaisesti. (Milton ja Arnold, 1990).



		Empiiristen tulosten perusteella tehty päätös $H_0$ :sta	
		Hylätään	Ei hylätä
Tilanne tunte- mattomassa "todellisuudessa"	$H_0$ tosi	Tyypin I erhe, Hylkäämi- serhe, Alfa-typin erhe, riski $p = \alpha$	Oikea päätös: toden- näköisyys $p = 1 - \alpha$
	$H_0$ epätosi	Oikea päätös: (ns. Voi- makkuus) todennäköi- syys $p = 1 - \beta$	Tyypin II erhe, hyväk- symiserhe, Beta-typin erhe, riski $p = \beta$

Kuva 3. Tilastolliseen testiin liittyvät erheet (Milton ja Arnold 1990).

Hylkäämiserheen todennäköisyydelle  $\alpha$  käytetään yleensä seuraavia arvoja (Blom 1989):

- 0,05      (5 %)      \*      melkein merkitsevä
- 0,01      (1 %)      \*\*      merkitsevä
- 0,001      (0,1 %)      \*\*\*      erittäin merkitsevä

Tilastolliset analysointiohjelmat ilmoittavat tarkan merkitsevyystason (esimerkiksi  $p = .021$ ).

### Otantajakauman määrittäminen

Otantajakaumalla tarkoitetaan teoreettista jakaumaa, jonka voidaan ajatella muodostuvan seuraavasti. Otetaan samasta perusjoukosta yhä uudelleen monta samansuuruista otosta, joille kullekin lasketaan tunnusluku, esimerkiksi keskiarvo. Tämä keskiarvojen muodostama kuviteltu jakauma on keskiarvon otantajakauma. (Järvenpää ja Kosonen, 1996).

### Hylkäysalueen määrittäminen

Otantajakauma sisältää kaikki ne arvot, joita eri otoksista laskettu luku voi saada silloin kun nollahypoteesi on voimassa. Hylkäysalue eli kriittinen alue on osa otantajakaumasta. Siihen kuuluvat vain ne arvot, joita otoksesta laskettu luku voi saada nollahypoteesin vallitessa todennäköisyydellä ( $\alpha$ ,  $p$ ) (esimerkiksi .01) eli hyvin harvoin. Kaksisuuntaisessa testauksessa (t-testi) merkitsevyystasoa vastaava todennäköisyys jaetaan jakauman molempien "häntien" kesken eli kriittinen alue on jakauman molemmissa päissä, yksisuuntaisessa testauksessa kriittinen alue on vain jakauman toisessa päässä. (Milton ja Arnold, 1990).

### Lopullisen päätöksen tekeminen

Jos näyttö riittää, niin nollahypoteesi hylätään. Jos tilastollinen testi antaa arvon, joka osuu hylkäysalueelle eli kriittiselle alueelle, eli jos laskettu testisuure on hylkäysalueella, nollahypoteesi hylätään ja vaihtoehtoinen hypoteesi hyväksytään. Useat tilastolliset analyysiohjelmat antavat testin tulokseksi testisuureen



lisäksi suoraan p-arvon, jonka perusteella voidaan tehdä päätelmät nollahypoteesin hylkäämisestä tai hyväksymisestä ilman, että testisuureta verrataan itse teoreettiseen jakaumaan. Ohjelma tekee vertailun valmiiksi. Tällöin päätös tehdään suoraan p-arvon ja halutun merkitsevyystason mukaan: jos  $p < 0.05$ , hylätään nollahypoteesi riskitasolla 0.05, jos  $p < 0.01$ , hylätään nollahypoteesi riskitasolla 0.01. Vastaavasti jos  $p < 0.001$ , hylätään nollahypoteesi riskitasolla 0.001.

### Tilastollinen merkitsevyyden testaus tutkimuksessa

Tilastollinen merkitsevyyden testaus on keino lisätä objektiivisuutta tutkimuksessa. Sen sijaan merkitsevyyden testaus ei ole keino lisätä tulosten tärkeyttä tai merkittävyyttä. Tilastollisesti merkitsevä tulos on sellainen tulos, joka on epätodennäköistä saada sattumalta. Tuloksen tilastollinen merkitsevyys ei kuitenkaan sinänsä lisää sen merkittävyyttä tai sovellusarvoa. Tulosten tilastolliseen merkitsevyyteen vaikuttaa yleensä tutkitavan joukon koko; mitä suurempi tutkittava joukko on, sitä helpommin saadaan tilastollisesti merkitseviä eroja. (Järvenpää ja Kosonen, 1996).

### 4.3 Yleensä tarvittavat tilastolliset testit

(Milton ja Arnold, 1990, Blom, 1989)

#### Keskiarvotesti (t-testi), kahden riippumattoman otoksen/näytteen tapaus (välimatka- tai suhdeasteikko)

Tarkastellaan kahta erilaisista vastaajista koostuvaa ryhmää. Poikkeavatko keskiarvot (esimerkiksi matka-aikojen keskiarvot ennen- ja jälkeen-tilanteissa) toisistaan tilastollisesti merkitsevästi? Oletetaan, etteivät poikkea: ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ). Lasketaan testisuure,  $t$  kaavalla

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \times \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}, \text{ } df = n_1 + n_2 - 2, \text{ jossa}$$

$\bar{x}_i$  = otoksen  $i$  keskiarvo,

$s_i$  = otoksen  $i$  keskihajonta,

$n_i$  = otoksen  $i$  koko ja

$df$  = vapausasteiden lukumäärä.

Testaus voidaan tehdä myös tilastollisella analyysiohjelmalla. Se antaa tuloksi sekä  $t$ -arvon (testisuureen) että vertaa sitä oletettuun jakaumaan ja antaa suoraan  $p$ -arvon.  $P$ -arvon ja halutun merkitsevyystason perusteella tehdään päätös hypoteesin hylkäämisestä. Jos saatu  $p$ -arvo on pienempi kuin 0.05, hylätään nollahypoteesi riskitasolla 0.05 eli päätellään, että aineistossa muuttuvien nopeusrajoitusten toteuttamisen jälkeen keskimääräinen matka-aika on muuttu-

nut ennen-tilanteesta tilastollisesti merkitsevästi riskitasolla 0.05. Vastaavasti menetellään kun haluttu riskitaso on 0.01 tai 0.001.

### $\chi^2$ -testi

Näissä tutkimuksissa  $\chi^2$ -testiä käytetään riippumattomuustestinä kahden luokitellun muuttujan välisen riippuvuuden testaukseen. Sen avulla voidaan testata esimerkiksi muuttuvien rajoitusten vaikutusta vaarallisten lyhyiden, alle 0,5 sekunnin aikavälien osuuteen kaikista jonossa ajaneiden eli alle 3 sekunnin aikaväleistä. Tällöin luokitellaan alle 3 sekunnin aikavälit kahteen luokkaan (1 = alle 0,5 sekuntia, 2 = 0,5-3 sekuntia) ja aineistossa kerätään kaksi tilannetta (1 = ennen, huono keli, rajoitus pysyvä 100 km/h, 2 = jälkeen, huono keli, rajoitus 80 km/h).

- Otos tai näyte on luokiteltu kahden muuttujan suhteen ja ristiintaulukoitu (riveillä l ja sarakkeilla k luokkaan).
- odotetut frekvenssit lasketaan kuhunkin jakaumataulukon ruutuun seuraavasti: ruutua vastaava rivisummafrekvenssi kerrotaan ruutua vastaavalla sarakesummafrekvenssillä ja jaetaan taulukon kokonaisfrekvenssillä.
- vapausasteet  $df = (k-1)(l-1)$ .

$\chi^2$ -testin testisuure lasketaan seuraavasti:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_{ij} - m_{ij})^2}{m_{ij}}, \text{ jossa}$$

$f_{ij}$  = havaitut frekvenssit,

$m_{ij}$  = odotetut frekvenssit.

$\chi^2$ -testin teoria edellyttää, että testissä otetaan huomioon seuraavat rajoitukset:

- Jos taulukko on suurempi kuin 2x2, korkeintaan 20 % odotetuista frekvensseistä saa olla pienempiä kuin 5 ja jokaisen on oltava suurempi kuin 1.
- Jos taulukko on nelikenttä (2x2) ja taulukon kokonaisfrekvenssi on yli 40, ei ole rajoituksia. Jos kokonaisfrekvenssi on 20–40, voidaan testiä käyttää, jos kaikki odotetut frekvenssit ovat vähintään 5.

Jos yllä esitettyjä vaatimuksia suurempi osa odotetuista frekvensseistä on alle 5, voidaan luokkia mahdollisesti yhdistellä. Ellei se ole mahdollista, täytyy testin tulosta tulkita sillä varauksella, ettei se ole tarkka (koska luokissa frekvenssit ovat liian pieniä). Tulokset voidaan myös testata Fisherin täsmällisillä testeillä (Milton ja Arnold, 1990).

Tilastolliset analyysiohjelmat antavat testin tuloksena sekä  $\chi^2$ -arvon että p-arvon. Saadun p-arvon perusteella tehdään päätös nollahypoteesin hylkäämisestä. Nollahypoteesina voisi olla esimerkiksi se, että muuttuvilla nopeusrajoituksilla ei vaikuteta vaarallisten lyhyiden aikavälien esiintymiseen jonoissa. Jos

testistä saadaan p-arvoksi  $< 0.05$ , voidaan nollahypoteesi hylätä riskitasolla 0.05 ja todeta, että tulosten perusteella esimerkiksi muuttuvien nopeusrajoitusten toteuttamisen jälkeen vaarallisten aikavälien osuus on alhaisempi kuin ennen rajoitusjärjestelmää.

Vaikutuksien arvioinnissa ja erottelussa muiden tekijöiden vaikutuksista voi käyttää myös monimuuttujamalleja. Onnettomuusvaikutusten arvioinnissa suuria ongelmia aiheuttavat pääasiassa onnettomuuksien satunnaisuus ja toimenpiteiden suuntaamisesta onnettomuuskohteisiin aiheutuva ns. regressiovaikutus. Kattavan kuvauksen onnettomuustarkasteluista esittää Hauer (1997).



## 5 Mittaukset ja koejärjestelyt

### 5.1 Mittaustavat

Taulukossa 5 tarkastellaan muuttuvan nopeusrajoitusjärjestelmän eri vaikutusmittarien mahdollisia mittaustapoja.

*Taulukko 5. Muuttuvan nopeusrajoitusjärjestelmän vaikutusmittarien mittaustavat.*

Vaikutusmittari	Mittaustapa					
	auto-maat-tinen liikenteen mittaus	kelluva instrumoitu auto	rekisteritunnus-menetelmä	tien-varsimittaukset	haas-tattelut	erillis-tutkimukset
Pistenopeusjakauman muotoa kuv.muuttujat	X					
Matkanopeusjakauman muotoa kuv.muutt.		X	X			
Nopeusmuutosten määrä		X				
Alle 0,5 sekunnin aikavälien osuus	X					
Alle 1 sekunnin TTC-osuus	X					
Aika, jona keskinopeus laskee 50%:iin	X	X	X			
Pistenopeuksien keskihajonta	X					
Aikavälien keskihajonta	X					
Nopeuksien keskiarvo	X	X	X			
Matka-aikojen keskiarvo		X	X			
Ohitusten määrä / km		X	X	X		
Teoreettinen ohitustarve	X					
Varausaste / nopeus / liikennemäärä	X	X	X			
Kriittinen aikaväli (hyväksytyt/hylätyt aikav.)				X		
Palveluajat liittyvällä suunnalla				X		
Matka-aikojen keskiarvo eri liikennemäärillä		X	X			
Reitiltä toisille siirtyvien määrä					X	
Reaktioajat						X
Subjektiiivinen arvio (valppaus, tarkkaavais.)					X	
Silmänliikkeet						X
Tienkäytt. Vuorovaikutustilanteiden ratkaisut				X		
Vaaratilanteiden (konfliktien määrä)				X		
Onnettomuuksien määrä						X
Polttonesteen kulutus		X				
Melutaso				X		
Melualueen laajuus, altistuvien määrä						X
Päästöjen (NO <sub>x</sub> , HC, CO, CO <sub>2</sub> ) määrä		X				
Tienkäyttäjien hyväksyntä					X	
Järjestelmän virhetoimintojen määrä		X	X	X	X	X
Liikenteen määrä ja koostumus	X		X	X		

Liikenteen automaattinen mittaus (yksittäisten ajoneuvojen ohitusajat, nopeudet ja aikavälit edellä ajavaan, ajoneuvotyyppi) silmukka-anturien tai vastaavien avulla tarjoaa mahdollisuuden mitata monia vaikutuksia eri tieverkon poikkileikkauksissa. Mittaustavan etuina ovat mahdollisuus kerätä suuri havaintoaineisto vähäisin kustannuksilla ja poikkeuksellisten olosuhteiden aikaisten tietojen keruu helposti muun tiedonkeruun yhteydessä. Samassa yhteydessä saadaan kerättyä liikennemäärätieto.

Liikenteen sujuvuutta, käytännön välityskykyä ja häiriöiden syntymistä kannattaa tarkastella koko tieosuuden pituudelta, mikä onnistuu mm. kelluvan auton menetelmällä instrumentoidulla autolla. Myös tässä menetelmässä saadaan kerättyä huomattava määrä erilaista vaikutustietoa. Matka-aikojen, -nopeuksien ja ohitusten määrät voidaan selvittää myös rekisteritunnusmittausten avulla.

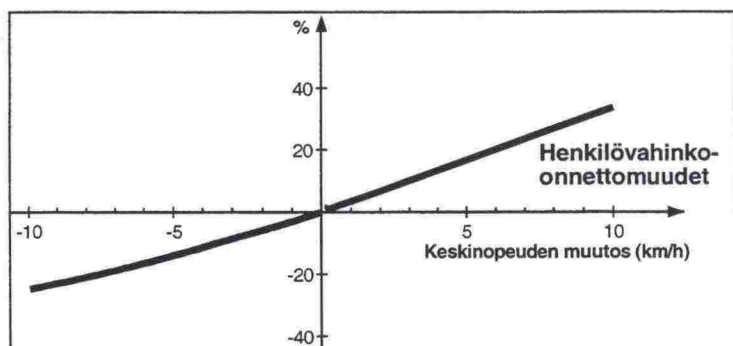
Liikenteen vuorovaikutustilanteiden ja vaaratilanteiden havainnoiminen sekä kriittisten aikavälien, palveluaikojen ja melutason mittaaminen vaativat kenttämittauksia. Niiden yhteydessä voidaan myös rajatulla tieosuudella laskea ohitusten määrä sekä sellaisten tilanteiden määrä, joissa järjestelmä ei toiminut, vaikka sen olisi pitänyt, tai joissa järjestelmä alensi nopeusrajoitusta, vaikka siihen ei ollut kunnollista syytä (ns. väärät hälytykset).

Haastattelututkimuksien avulla voidaan selvittää reitiltä toiselle siirtymiset, valppaustila ja tarkkaavaisuuden suuntaaminen tietyssä määrin, järjestelmien uskottavuus ja yleensä hyväksyntä sekä myös kokemukset järjestelmän toiminnan onnistuneisuudesta.

Melualueella asuvien eli melulle altistuvien määrä ja onnettomuusanalyysit vaativat erillisselvityksiä ja erillisten tietoaineistojen keruuta (väestö/kiinteistötiedot, poliisin tietoon tulleet liikenneonnettomuudet). Samoin reaktioaikojen ja silmänliikkeiden tarkkailu vaativat erillisiä mittauslaitteistoja, mm. silmänliikekameran.

Poliisin tietoon tulleet liikenneonnettomuudet ovat monesti analyysien kannalta ongelmallisia, sillä niitä tapahtuu yleensä lyhyillä tarkasteluosuuksilla aivan liian vähän luotettavien vaikutusarvojen tekemiseksi. Useimmat järjestelmät pyrkivät kuitenkin vaikuttamaan turvallisuuteen sellaisten tekijöiden kautta, jotka vaikuttavat myös ajonopeuksiin. Ajonopeuksien muutosten ja liikenneonnettomuuksien määrän muutosten välillä on selvä, kotimaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa todettu yhteys, jonka avulla turvallisuusvaikutus pystytään arvioimaan nopeusmuutosten avulla. Keskinopeuden muutos vaikuttaa henkilövahinko-onnettomuuksien määrään kuvan 4 mukaisella tavalla:





Kuva 4. Keskinopeuden muutoksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin yli 70 km/h nopeuksilla (Ranta & Kallberg 1996)

Sää- ja kelitietojen yhdistäminen kerättyihin havaintoihin vaatii lisäksi tiesäätietojen keruuta tieosuudelta tai sen lähistöltä.

Kuhunkin vaikutustutkimukseen sopivimmat mittaamistavat valitaan käytettävissä olevien resurssien mukaisesti kuitenkin siten, että tarkasteltavana olevan järjestelmän keskeisimmät vaikutukset (taulukko 2 luvussa 3) tulevat mukaan tarkasteluihin mahdollisimman kattavasti. Alla käsitellään lyhyesti mittaustavan valintaa kullekin järjestelmätyypille erikseen.

#### 5.1.1 Sään ja kelin mukaan ohjatut rajoitukset

Sään ja kelin mukaan ohjatuilla rajoituksilla pyritään vaikuttamaan erityisesti turvallisuuteen alentamalla ajonopeuksia ja lisäämällä kuljettajien valppautta. Koska järjestelmä yleensä toteutetaan pitkätköillä tiejaksoilla, joilla ei ole onnettomuuksien tai konfliktien kasaumapisteitä, onnettomuusvaikutukset joudutaan yleensä päättämään ajonopeuksissa havaittujen muutosten perusteella. Koska valppauden ja tarkkaavaisuudenkin on havaittu olevan läheisessä yhteydessä kuljettajien nopeuden ja aikavälin valinnan kanssa (Luoma *et al* 1997), liikenteen automaattisten mittausasemien käyttäminen on tärkein mittaustapa.

Matka-aikojen muutoksia voidaan arvioida myös liikenteen automaattisten mitauspisteiden antamien pistenopeustietojen perusteella, mutta Motivan selvityksen (1997) mukaan ne voivat poiketa huomattavasti kelluvan auton menetelmällä mitatuista matka-aikojen muutoksista. Matka-aikojen mittaamista rekisteritunnusmenetelmän tai kelluvan auton menetelmän avulla ei kuitenkaan voi suositella kuin aivan välttämättömissä tapauksissa. Ongelmana ovat menetelmien käytön erittäin suuret kustannukset, sillä riittävän aineiston keruu huonoissa sää- ja kelioloissa vaatii yleensä pitkää ja kallista mittausohjelmaa. Sää- ja keliennusteiden perusteella ei huonoilla keleillä saa kerättyä kovinkaan paljon havaintoja, sillä tienpitäjä seuraa myös ennusteita ja huolehtii tiestön kunnossapidosta erittäin tehokkaasti.

Järjestelmän vaikutukset riippuvat pitkällä tähtäimellä järjestelmän uskottavuudesta ja hyväksyttävyydestä tienkäyttäjien kannalta. Nämä tulee selvittää tienvarsihaastattelulla. Tienvarsihaastattelussa voi selvittää myös järjestelmän vaikutuksia mm. kuljettajien valppauteen ja tarkkaavaisuuteen, joita ei voida suoraan mitata.



### 5.1.2 Nopeuksien harmonisointi

Muuttuvien nopeusrajoitusten käytön liikenteen harmonisointiin oletetaan vaikuttavan liikennevirran tasaantumisen ja ohitustarpeen vähenemisen myötä pääasiassa käytännön välityskykyyn ja häiriöiden syntymiseen, jotka saadaan parhaiten selville koko tieosuuden liikennettä tarkkailemalla mm. kelluvan auton menetelmällä instrumentoidulla autolla. Menetelmän avulla voidaan selvittää myös vaikutukset polttonesteen kulutukseen ja päästöjen määrään auton varustuksesta riippuen.

Kelluvan auton menetelmällä tiedonkeruu on kuitenkin melko työlästä ja kallista, minkä vuoksi menetelmällä harvoin voidaan kerätä niin mittavaa havaintoaineistoa, että pienehköt vaikutukset voidaan osoittaa tilastollisesti merkitseviksi (kts. luku 5.2). Lisäksi sillä on hankala saada kerätyksi tietoa poikkeuksellisista liikenne-, sää- ja kelioloista, joiden esiintymistä on vaikea ennakoida.

Tämän vuoksi kannattaa myös kerätä aineistoa liikenteen automaattisten mittausasemien avulla, joilla voi kerätä tietoa jatkuvasti pitkänä ajanjaksona. Pitkän ajanjakson aikana esiintyy varmasti myös poikkeuksellisia oloja. Automaattiset mittauspisteet kannattaa sijoittaa yleensä useisiin kohtiin koeosuudella sekä koeosuuden molemmin puolin tarkasteltavalla tiellä riittävän etäälle koeosuudesta. Automaattiset mittausasemat tuottavat vain pistekohtaista tietoa, joka ei välttämättä edusta koko tieosuuden olosuhteita. Tämän vuoksi niiden sijoittamiseen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota esimerkiksi siten, että mahdolliset liikenteen häiriötilanteet näkyisivät myös pistekohtaisessa aineistossa.

Järjestelmien uskottavuuden ja hyväksyttävyyden selvittäminen tienvarsihaastattelujen avulla on tärkeitä vaikutusten selittämisen ja järjestelmän kehittämisen kannalta.

### 5.1.3 Häiriöiden hallinta

Häiriöiden hallintaan liittyvien muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmien päätavoitteena on parantaa turvallisuutta vähentämällä häiriötilanteiden aiheuttamia lisähäiriöitä ja vaaratilanteita. Järjestelmät kattavat yleensä melko lyhyitä tiejaksoja, joilla häiriötilanteiden ja niistä aiheutuvien lisähäiriöiden ja vaaratilanteiden syntymistä voidaan seurata myös tien varrelta tai tien varrella tavallisesti kyseisillä osuuksilla sijaitsevien TV-kameroiden välityksellä.

Liikenteen automaattisten mittausasemien käyttö on perusteltua liikennevirran häiriöalttiuden välilliseksi mittaamiseksi sekä nopeuksien ja liikennemäärien arvioimiseksi.

Liikennevirran tasaantumisen ja matka-aikojen muutosten selvittämiseksi voidaan käyttää kelluvan auton menetelmää. Menetelmän käyttö soveltuu kohtalaisen hyvin tällaisten järjestelmien vaikutusten tutkimiseen silloin, kun häiriötilanteet voidaan ennakoida hyvin. Tällaisia häiriöitä ovat mm. tietöiden aiheuttamat liikennekatkokset.

Järjestelmien uskottavuuden ja hyväksyttävyyden selvittäminen tienvarsihaastattelujen avulla on tärkeitä vaikutusten selittämisen ja järjestelmän kehittämisen

sen kannalta. Samoin haastatteluissa voidaan selvittää kuljettajien valppautta ja tarkkaavaisuuden suuntautumista heidän omien ilmoitustensa perusteella.

#### 5.1.4 Liittymisen helpottaminen

Muuttuvien nopeusrajoitusten päätavoitteena on helpottaa sivutieltä päätielle liittymistä alentamalla pääsuunnan nopeuksia ja siten alentaa kriittistä aikaväliä. Samalla odotetaan pääsuunnan ja sivusuunnan autoilijoiden välisen vuorovaikutuksen ja liittymän turvallisuuden paranevan.

Tarkoituksenmukaisin tutkimusmenetelmä em. vaikutusten tutkimiseen käsittää tienvarsimittaukset, joissa tarkkaillaan autoilijoiden käyttäytymistä liittymässä ja rekisteröidään paikan päällä erilaiset ongelma- ja vaaratilanteet. Samanaikaisesti kuvanauhoitetaan liittymän tapahtumat. Kuvanauhoilta kerätään tiedot hyväksytyistä ja hylätyistä aikaväleistä, palveluajoista, odotusajoista, vuorovaikutustilanteista ja etenkin sivusuunnan liikennemääristä.

Pääsuunnan liikennemäärät ja ajonopeudet kannattaa kerätä automaattisten laskimien avulla.

Tienvarsihaastatteluissa selvitetään järjestelmän toimivuutta, kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntautumista ja liittymisen helppoutta heidän omien ilmoitustensa perusteella. Haastatteluissa pitää erottaa erikseen pääsuunnalta ja sivusuunnalta liittymään tulleet.

#### 5.1.5 Pistemäiset kohteet

Järjestelmän päätavoitteena on parantaa liikenneturvallisuutta ajoneuvojen nopeuksia alentamalla ja suuntaamalla kuljettajien tarkkaavaisuutta rajoitusten alentamisen aiheuttajiin sekä parantaa vuorovaikutusta heidän kanssaan.

Jos rajoituksen alentamisen syy esiintyy säännöllisesti, tienvarsimittauksia kannattaa tehdä havaintojen tekemiseksi vuorovaikutustilanteiden ratkaisusta ja vaaratilanteista ns. konfliktimenetelmän avulla.

Nopeuksia voidaan myös mitata tutkalla tienvarsimittausten yhteydessä mutta myös liikenteen automaattisten mittausasemien avulla. Liikenteen automaattinen mittaus on tärkein mittaustapa silloin, kun rajoituksen alentamisen syy on harvinainen ja sen esiintyminen on vaikeasti ennustettavissa. Tienvarsimittausten teko manuaalisesti ei ole tällaisissa tilanteissa kannattavaa.

Tienvarsihaastatteluissa selvitetään järjestelmän toimivuutta ja kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntautumista heidän omien ilmoitustensa perusteella.

### 5.2 Koejärjestelyt

Mittauspisteiden sijoittelussa kannattaa noudattaa tärkeysjärjestyksessä seuraavia periaatteita:

1. Sijoittelu ei vinouta havaintoja (ei esimerkiksi sijoiteta juuri ennen liittymää, jolloin poistumassa olevat ajoneuvot käyttäytyvät muuhun liikenteeseen nähden poikkeavasti)



2. Sijoittelu on paikallisesti edustava eli saadaan arvioitua järjestelmän keskimääräinen vaikutus eikä vain yksittäisiä, paikallisia vaikutuksia.
3. Sijoittelu on järjestelmän avulla ratkaistavien ongelmien kannalta onnistunut (esimerkiksi sijoitetaan mittauspisteet ongelma-alttiisiin tienkohtiin)
4. Sijoittelu on tutkittavan järjestelmän kannalta onnistunut (ei esimerkiksi sijoiteta liikenteen automaattista mittauspistettä juuri muuttuvan opasteen kohdalle, jossa opasteen vaikutus on luultavasti äärimmillään)
5. Sijoittelu on mittausten suorittamisen kannalta onnistunut (mittauspaikkaan saadaan helposti sähkö tai tiedonsiirtoyhteydet)
6. Sijoittelu on onnistunut tiedon jälkikäsitteilyn suhteen (liikenteen automaattinen mittauspiste sijoitetaan mahdollisimman lähelle tiesääasemaa, mikä helpottaa tietojen yhdistämistä)

Mittausten ajoituksessa pitää ottaa huomioon niiden ajallinen edustavuus siten, että vaikutukset kattavat kaikki esiintyvät tilanteet. Pitää myös ottaa huomioon tienpitäjän tai muiden tahojen toiminta mittausalueilla siten, että vältetään tekevästä mittauksista esimerkiksi tietöiden tai poliisin valvontatoimien aikana. Tämän vuoksi mittauksista pitää ilmoittaa etukäteen tienpitäjälle ja poliisille.

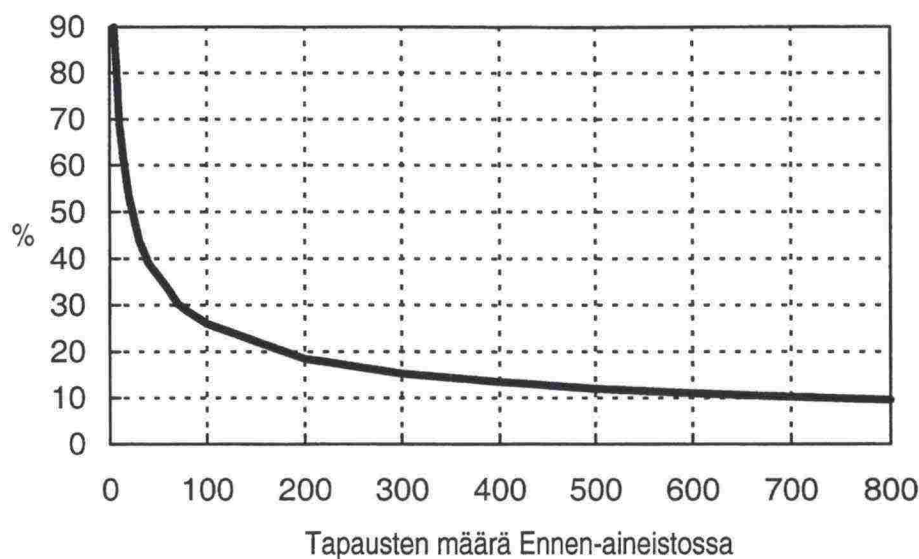
Koska järjestelmät yleensä pyrkivät alentamaan nopeusrajoituksen ongelmaolojen aikana, voi osoittautua hankalaksi ja kalliiksi odottaa nopeusrajoitusten alentamisen vaatimien huonojen olosuhteiden esiintymistä. Tällöin voi tuntua houkuttelevalta alentaa nopeusrajoitusta "keinotekoisesti" hyvissä olosuhteissa ja tutkia nopeusrajoitusmuutoksen vaikutusta näin kerätyn aineiston avulla. Tällaisen tutkimusasetelman ei kuitenkaan voida päätellä mitään itse järjestelmän vaikutuksista vaan ainoastaan nopeusrajoitusarvon poikkeuksellisen muutoksen vaikutuksesta hyvissä oloissa. Tällaisella vaikutustiedolla ei valitettavasti ole juuri minkäänlaista käytännön arvoa. Vielä valitettavampaa on se, että keinotekoiset nopeusrajoitusten arvojen muutokset voivat vähentää järjestelmien uskottavuutta tienkäyttäjien keskuudessa.

Mittaukset pitää yleensä tehdä siten, että mittaukset eivät vaikuta tienkäyttäjien käyttäytymiseen. Tämä tarkoittaa mm. mittauslaitteiston ja -henkilöstön sijoittamista siten, että tienkäyttäjät eivät huomaa niitä ja heitä.

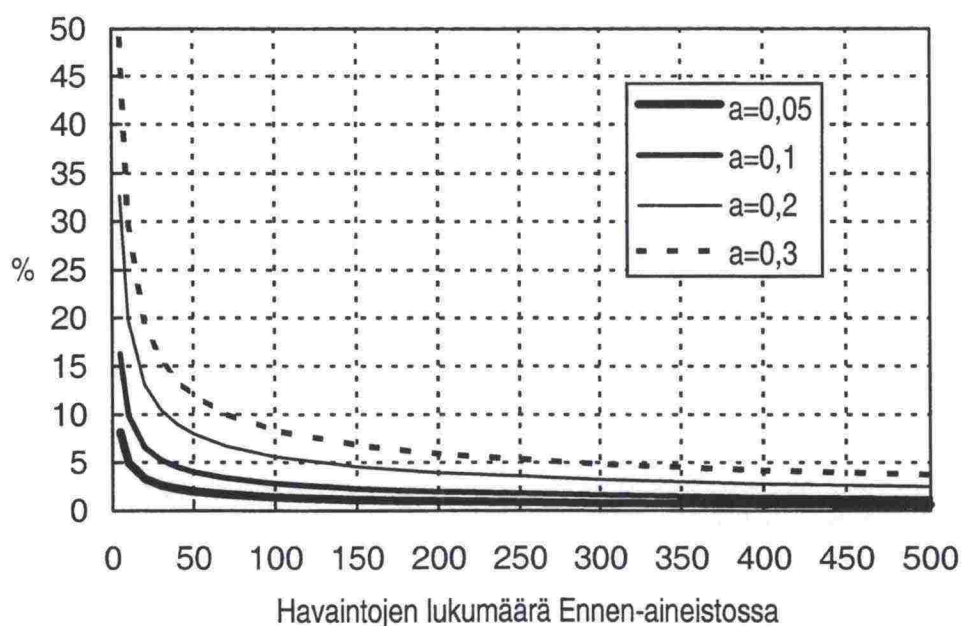
Automaattisia tiedonkeruulaitteita käytettäessä kannattaa säännöllisesti huolehtua laitteiden toiminnasta. Induktiosilmukoita tai muita päällysteeseen upotettavia mittalaitteita käytettäessä kannattaa huolehtia niiden asentamisesta suulaan aikaan, sillä niiden asentaminen jäätyneeseen maaperään on erittäin työlästä

Mittaamistavan valinnassa kannattaa kiinnittää huomiota myös siihen, kuinka suuria vaikutusten ennakoidaan olevan. Vaikutusten ennakoitu suuruus vaikuttaa ratkaisevasti siihen, kuinka suureen tiedonkeruuseen varaudutaan, sillä muutosten tilastollinen merkitsevyys riippuu havaintomäärästä kuvien 5 ja 6 mukaisesti.





Kuva 5. Pienin mahdollinen muutos (%), joka Poisson-jakautuneesta muuttujasta tehdyssä ennen-jälkeen-vertailussa on tilastollisesti merkitsevä, Ennen-vaiheessa havaittujen tapausten määrän mukaan.



Kuva 6. Pienin mahdollinen muutos (%), joka normaalijakautuneesta muuttujien keskiarvojen ennen-jälkeen-vertailussa on tilastollisesti merkitsevä, Ennen-vaiheessa havaittujen tapausten määrän funktiona sen mukaan luokiteltuna, kuinka suuri on muuttujan varianssin neliöjuuren (keskihajonta) ja odotusarvon välinen suhde  $a$ .

Otoksen koosta päätettäessä on myös mietittävä, millaisia tilastollisia analyysimenetelmiä tulosten käsittelyssä halutaan käyttää. Jos tulokset halutaan taulukoida esimerkiksi jonkin taustamuuttujan suhteen useampaan luokkaan, esimerkki tarvittavasta otoksen koosta on esitetty taulukossa 6.

*Taulukko 6. Muuttujien ja niiden luokkien määrän vaikutus otoksen kokoon kun tavoitteena on saada jokaiseen taulukon ruutuun vähintään 5 tapausta.*

		Muuttujien luokkien määrä		
		2	3	4
<b>Muuttujien määrä taulukkoa kohden</b>	<b>1</b>	10	15	20
	<b>2</b>	20	45	80
	<b>3</b>	40	135	320
	<b>4</b>	80	405	1280

Taulukossa muuttujien luokkien määrä tarkoittaa sitä, moneenko osaan aineisto jaetaan jonkin taustamuuttujan, esimerkiksi iän tai ajokokemuksen, suhteen. Muuttujien määrä taulukkoa kohden tarkoittaa esimerkiksi sitä, montako vastausvaihtoehtoa yhteen kysymykseen on. Tilastollisten testien käyttö edellyttää yleensä tiettyä minimihavaintomäärää. Esimerkiksi luvussa 4.3 esitetty  $\chi^2$ -testi edellyttää yleensä, että jokaiseen taulukon ruutuun tulee laskennallisesti vähintään 5 havaintoa.

Yleisesti voidaan sanoa, että otoksen edustavuus ei kovin paljon parane havaintojen määrän ylittäessä tietyn rajan.

Tienvarsihaastatteluissa tulee pyrkiä edustavaan otokseen eli haastatella tarkasteluosuudella kaikki tienkäyttäjät tai satunnainen otos heistä. Tämä yleensä vaatii tienkäyttäjien pysäyttämistä ja ohjaamista sopivalle haastattelupaikalle, esim. levähdysalueelle. Tienkäyttäjien pysäyttämisestä vastaa yleensä poliisi. Tienvarsihaastattelu saa enintään kestää 5-10 minuuttia. Esimerkki haastattelumakkeesta esitetään liitteessä A.

Vaikutustutkimuksissa haastatteluja ei kannata tehdä esimerkiksi levähdysalueelle tai huoltoasemalle omasta aloitteestaan pysähtyneiden keskuudessa, sillä tällaiset tienkäyttäjät muodostavat epäedustavan näytteen koko tienkäyttäjien joukosta eikä haastattelujen tuloksia voida siten yleistää kaikkia tienkäyttäjiä koskeviksi.



## 6 TARKASTELUA

Muuttuvien nopeusrajoitusten kokeilujen vaikutusten arviointiohjeissa on tarkasteltu viiden tyyppisiä muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä. Järjestelmätyypit olivat sään ja kelin mukaan ohjatut, nopeuksien harmonisointiin tähtäävät, häiriöiden hallintaan liittyvät, liittymistä helpottavat ja pistemäisten erityiskohteiden järjestelmät. Nämä tyypit kattavat kaikki tällä hetkellä Suomessa käytössä ja suunnitteilla olevat järjestelmät.

Kustakin järjestelmästä on esitetty melko yleiset kuvaukset, joiden perusteella järjestelmien vaikutushypoteesit eli mahdolliset vaikutukset on tuotettu. On huomattava, että ohjeita sovellettaessa todelliseen kokeiluun hypoteesit tulee ohjeissa esitetyn tavan mukaisesti tarkistaa ja muotoilla uudestaan siten, että ne vastaavat juuri tarkastelun kohteena olevaa järjestelmää. Ennen tutkimuksen tekemistä kaikki mahdolliset järjestelmän käyttäytymisvaikutukset, myös kielteiset, on syytä pohtia, jotta tutkimuksessa mahdollisesti tehtävät rajaukset ovat perusteltuja.

Ohjeissa on esitetty myös tärkeimmät vaikutusmittarit eri hypoteesien tarkistamista varten. Nyt esitetyt mittarit perustuvat kirjoittajien tämän hetkiseen tietämykseen ja tietoihin aiemmin tehdyistä vaikutusselvityksistä eivätkä näin ollen välttämättä kata kaikkia mahdollisia vaikutusmittareita.

Vaikutusarvioinnin tärkein mutta usein väheksytty osa on tutkimusasetelman suunnittelu. Hyvä tutkimusasetelma antaa mahdollisuuden muuttuvien nopeusrajoitusten harhattomien vaikutusten arviointiin siten, että kaikkien muiden mitaustuloksiin oleellisesti vaikuttavien tekijöiden vaikutukset pystytään erottelemaan järjestelmän vaikutuksista. Minimivaatimus tutkimusasetelmalle on neli-kenttä: ennen-jälkeen/koeosuus-vertailuosuus, jos se vain suinkin on mahdollista. Lisäksi tärkeimmät liikenteeseen ajallisesti vaikuttavien tekijöiden kuten vuodenaika, kellonaika, sää ja keli, valoisuus jne. vaikutus on kontrolloitava tutkimusasetelmassa. Samoin liikennemäärien muutokset pitää kontrolloida.

Tilastollisista testeistä ohjeissa on esitetty lähemmin vain kaksi testiä: keskiarvojen vertailutesti ja  $\chi^2$ -testi. Ne riittävät useimpien vaikutusten testaamiseen, mutta eivät välttämättä kaikkien. Tiedot muista testeistä löytyvät tilastotieteen kirjoista (esim. Järvenpää & Kosonen 1996).

Ohjeissa on myös suositettu kunkin järjestelmätyypin vaikutusten selvittämiseen tiettyjä mittaustapoja ja mittareita. Suositukset ovat tietysti vain suosituksia ja vaikutusten arvioinnissa joutuu tekemään päätökset mittauksista ja vaikutusmittareista monien eri tekijöiden perusteella. Näistä tärkeimmiksi usein nousevat käytettävissä olevat rahalliset ja ajalliset resurssit, jotka usein rajoittavat mahdollisuuksia parhaan mahdollisen vaikutusarvionnin tekemiseen. Vaikutusselvityksen rajoittaminen kannattaakin kohdistaa juuri tarkasteltavien mittarien ja eri mittaustapojen määrään. Tutkimusasetelmasta, muiden tekijöiden vaikutusten kontrolloimisesta ja riittävän kokoisen aineiston keräämisestä ei sen sijaan kannata tinkiä.



## 7 LÄHTEET

- Blom, G. 1989. Sannolikhetssteori och statistikteori med tillämpningar. Lund. Studentlitteratur. 357 s. ISBN 91-44-03594-2.
- Hauer, E. 1997. Observational before-after studies in road safety. Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety. Oxford: Pergamon. 289 s. ISBN 0-08-043053-8.
- Järvenpää, E. ja Kosonen, K. 1996. Johdatus tutkimusmenetelmiin ja tutkimuksen tekemiseen. Teknillinen korkeakoulu, Tuotantotalouden osasto. Opetusmoniste, syksy 1996. 99 s.
- Kokkinen, M. 1998. Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmän vaikutus ruuhkaliikenteen sujuvuuteen. Espoo: Traficon Oy. Sähköpostiviesti 27.4.1998.
- Kulmala, R. & Pajunen, K. 1986. Konfliktitutkimus Tuusulantien Korson liittymässä. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 641. 44 s. + liitt. 7 s.
- Liikenneministeriö 1998. Joukkoliikenteen kehittämishankkeiden vaikutustutkimusohjeen laatiminen, työvaihe 1. Loppumuistio. Espoo: Traficon Oy, 4.2.1998. 17 s. + liitt. 7 s.
- Luoma, J. 1996. Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonepeuksiin ja merkin muistamiseen. Helsinki: Tielaitos, kehittämiskeskus. Tielaitoksen selvityksiä 76/1996. 26 s. + liitt. 1 s. ISBN 951-726-302-3. ISSN 0788-3722. TIEL 3200443
- Luoma, J., Rämä, P., Penttinen, M. & Harjula, V. 1997. Muuttuvien keliopasteiden vaikutukset kuljettajan toimintaan. Helsinki: Tielaitos, liikenteen palvelut. Tielaitoksen selvityksiä 22/1997. 32 s. + liitt. 8 s. ISBN 951-726-350-3. ISSN 0788-3722. TIEL 320 0469.
- Lähesmaa, J. 1995. Sääohjatun tien yhteiskuntataloudellinen edullisuus. Kouvolaa: Tielaitos, Kaakkois-Suomen tiepiiri. 103 s. (TIEL KaS 11/95)
- Maltby, D., Morello, S., Kompfner, P. & Zhang, X. 1997. Model Validation Plans. CONVERGE Deliverable DVQ5.2, Version 1.0-Draft, 14.3.1997. 54 s.
- Milton, J. S. ja Arnold, J. C. 1990. Introduction to probability and statistics, principles and applications for engineering and the computing sciences. Singapore. McGraw-Hill. 700 s. ISBN 0-07-042353-9.
- Motiva 1997. Vaihtuvan nopeusrajoituksen vaikutuksesta liikennevirtaan. Uudenmaan tiepiiri, MOTIVA, Autoliitto, Öljyalan Keskusliitto, Autotuoajat ja Viatek Oy. 31 s.
- Peltola, H. 1991. Autojen nopeudet vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilussa. Vuodenajan mukaan vaihdettavien nopeusrajoitusten kokeilu vuosina 1987-1989, osa 1. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1224. 40 s. ISBN 951-38-3856-0

Ranta, S. & Kallberg, V-P. 1996. Ajonopeuksien turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi. Helsinki: Tielaitos. Tutkimuksia 2/1996.

Rämä, P. 1997. Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka - Hamina -moottoritieellä. Helsinki: Tielaitos. Tielaitoksen selvityksiä 1/1997. 64 s. + liitt. 23 s.

Rämä, P., Kulmala, R. & Heinonen, M. 1996. Muuttuvien kelivaroitusmerkkien vaikutus ajonopeuksiin, aikaväleihin ja kuljettajien käsityksiin. Helsinki: Tielaitos. Tielaitoksen selvityksiä 1/1996. 54 s. ISBN 951-726-178-0

Tielaitos 1995a. Kallansiltojen muuttuvan liikenteenohjauksen vaikutusselvitys. Kuopio: Savo-Karjalan tiepiiri, Tielaitoksen selvityksiä. 36 s. + liitt. 18 s.

Tielaitos 1995b. Muuttuvat nopeusrajoitukset Keski-Suomen tiepiirissä. Tienkäyttäjähaastattelu. Tampere: Tielaitos, Keski-Suomen tiepiiri. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 64/1995. 13 s. + liitteet.

Tielaitos 1998. Tielaitoksen liikenteen hallinnan strategia. Helsinki, Tiehallinto, Tie- ja liikenneolojen suunnittelu. 39 s. TIEL 100018, ISBN 951-726-372-4.

Wilson, I. & Allan, E. 1994. ERTICO Statistical Workshop, 27 June 1994. 47 s.

## Esimerkki tienvarsihaastattelulomakkeesta

Haastattelija ..... pvm ...../.....klo .....

HAASTATELTAVALLE LUETAAN VAIN LIHAVOIDUT TEKS-  
TIT!

**Hyvää päivää. Onko Teillä muutama minuutti aikaa vastata tämän tien liikennemerkkejä koskeviin kysymyksiin?**

Ei vastaa, .....  
(jos ei vastaa, täytä kohdat 19 ja 20)

**1. Mikä oli nopeusrajoitus ennen kuin Teidät pysäytettiin?**  
.....km/h

**2. Minkä muuttuvan liikennemerkkin tai -opasteen näitte viimeiseksi ennen pysäyttämistä?**

Merkki: ..... lisäteksti: .....

- 1 muu vaara .....
- 2 liukas ajorata .....
- 3 tietyö .....
- 4 pelkkä lisäteksti .....
- 5 nopeusrajoitus .....
- 6 muu merkki, mikä .....
- 7 en osaa sanoa .....

(Mikäli vastaus on puutteellinen kysytään 3, muuten siirrytään kohtaan 4.)

**3. Oliko siinä muuta?**

- 1 lisäteksti .....
- 2 muu merkki, mikä .....
- 3 ei muuta .....
- 4 en osaa sanoa .....

**4. Tiedätekö, miten Teidän oletetaan reagoivan tähän viestiin?**

- 1 hiljentää vauhtia .....
- 2 lisää tarkkaavaisuutta .....
- 3 jättää pidemmän välin edellä ajavaan .....
- 4 muuta, mitä .....
- 5 en tiedä .....

**5. Tällä kertaa Teidät pysäytettiin, mutta olisiko merkki muuten vaikuttanut ajamiseenne?**

- 1 ei, miksei .....
- 2 vaikutti, miten ? .....
- 3 en osaa sanoa .....

**6. Mikä olisi mielestänne sopiva nopeusrajoitus tällä hetkellä?**  
.....km/h

**7. Tiedätekö, mitä nopeusrajoituksia käytetään tällä tiellä nykyään?**

talvella ..... km/h ..... km/h ..... km/h  
kesällä ..... km/h ..... km/h ..... km/h

**8. Tiedätekö, mitkä seikat vaikuttavat nopeus-rajoituksen suuruuteen tällä tieosuudella?** (kuljettajan antamia vastauksia voidaan merkitä suoraan kohtaan 9.)

- 1 sää ja keli .....
- 2 tietyö .....
- 3 liikennemäärä .....
- 4 muu, mikä .....
- 5 en tiedä .....

**9. Voisitteko selittää tarkemmin?** (kysytään, mikäli kuljettaja vastaa kys.8 kohdan 1 (tai 4))

- 1 sade .....
- 2 näkyvyys .....
- 3 tien pinta .....
- 4 tuuli .....
- 5 vuodenaika .....
- 6 muu, mikä .....

**10. Mitä hyviä puolia on mielestänne olosuhteiden mukaan vaihtuvilla nopeusrajoituksilla?**

- 1 parantaa sujuvuutta .....
- 2 parantaa turvallisuutta .....
- 3 noudatetaan paremmin .....
- 4 muuta, mitä .....
- 5 en osaa sanoa .....

**11. Entä huonoja puolia?**

- 1 ei tiedä etukäteen matka-aikaa .....
- 2 vaikeampi muistaa rajoitusta .....
- 3 väärin asetettuja joskus .....
- 4 muuta, mitä .....
- 5 en osaa sanoa .....

**12. Onko järjestelmä mielestänne luotettava**

- 1 aina .....
- 2 enimmäkseen .....
- 3 harvoin .....
- 4 ei koskaan .....
- 5 en osaa sanoa .....

**13. Pidätekö olosuhteiden mukaan vaihtuvia nopeusrajoituksia**

- 1 tarpeellisia .....
- 2 tarpeettomina .....
- 3 en osaa sanoa .....

**14. Onko keli nyt mielestänne**

- 1 hyvä .....
- 2 kohtalainen .....
- 3 huono .....

**15. Kuinka usein olette ajaneet tällä tieosuudella, jolla käytetään muuttuvia opasteita?**

- 1 lähes päivittäin .....
- 2 viikoittain .....
- 3 kuukausittain .....
- 4 ensimmäistä kertaa tällä tieosuudella .....

**16. Mikä on matkanne**

lähtöpaikka ..... ?  
määräpaikka ..... ?

**17. Kuinka monta kilometriä ajoitte autolla viimeisen 12 kuukauden aikana?**  
.....km

**18. Syntymävuosi** .....

**19. Sukupuoli** 1 mies 2 nainen

**20. Ajoneuvon tyyppi** 1 ha 2 pa 3 ka 4 muu, mikä ?

**KIITOS JA HYVÄÄ MATKAA!**



ISBN 951-726-466-6  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200533